

مركز دراسات الوحدة العربية

الخطاب المعرفي الإسلامي
معالجة رقمية

حسن مظفر الرزو

الخطاب المعرفي الإسلامي
معالجة رقمية

الفهرسة أثناء النشر - إعداد مركز دراسات الوحدة العربية
الرزو، حسن مظفر
الخطاب المعرفي الإسلامي: معالجة رقمية/ حسن مظفر الرزو.
٤٩٦ ص.
ببليوغرافية: ص ٤٦٧ ـ ٤٨٧.
يشتمل على فهرس.
ISBN 978-9953-82-675-2
١. مجتمع المعرفة. ٢. تكنولوجيا المعلومات. ٣. الذكاء الاصطناعي.
٤. علم الحاسوب. ٥. الإنترنت ٦. شبكات المعلومات.
٧. علم المعلومات أ. العنوان.
306.46

العنوان بالإنكليزية
The Islamic Epistemic Discourse: A Digital Treatise
By Hasan M. Al-Rizzo

مركز دراسات الوحدة العربية

بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص.ب: ٦٠٠١ ـ ١١٣
الحمراء ـ بيروت ٢٠٣٤ ٢٤٠٧ ـ لبنان
تلفون: ٧٥٠٠٨٤ ـ ٧٥٠٠٨٥ ـ ٧٥٠٠٨٦ ـ ٧٥٠٠٨٧ (٩٦١١+)
برقياً: «مرعربي» ـ بيروت
فاكس: ٧٥٠٠٨٨ (٩٦١١+)
email: info@caus.org.lb
Web Site: <http://www.caus.org.lb>

الطبعة الأولى
بيروت، حزيران/ يونيو ٢٠١٤

الإهداء

إلى مظفّـر

الوالد والحفيد

أهدي إليهما هذا الجهد المتواضع

الكلمة لا تستوطن نسيج النص بمفردها!

حسن مظفر الرزو

المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

خلاصة الكتاب

إن تغلغل «الخطاطة المعرفية المحوسبة» (Computational Paradigm)[1]، في جل البقع التي تستوطن فيها مادة خطابنا المعاصر، بات يحتم علينا إعادة تشكيل أنساقنا المفاهيمية حول كثير من المسائل التي ترتكز عليها مادة خطابنا الإسلامي بمختلف أشكال تجلياته المعرفية.

لقد بدأت الحوسبة، بوصفها آلة، تذلل أمامنا عقبة ابتلاع الزمن المطلوب لإجراء سلسلة من الحسابات الروتينية التي تثقل كاهل الإنسان برتابتها، وحاجتها إلى دقة عالية، وقدرة على تكرار عدد هائل من خطوات الحساب. بيد أن تنامي قدرات الحوسبة، وبروز أنساق جديدة حاولت استثمار آليات الذكاء البشري، ضمن أنموذج محوسب يمتلك قدرات غاشمة، قد أسهمت في إحداث تغيير جوهري في الدور الذي يمكن أن تمارسه الأدوات المعلوماتية، بعد أن امتلكت القدرة على تفكيك مفردات المسائل التي يحفل بها عالمنا اليومي، وتحويلها إلى كيانات رقمية متناهية الصغر، يشدها نسيج شبكاتي من الأنساق المفاهيمية، في محاولة للظفر بطبيعة الأنماط السائدة بين جزيئات المادة، ونسيج عصبونات خلايا الفكر. من هنا يمكنني القول إن التفكير في تأليف هذا الكتاب قد جاء، بصورة ما، نوعاً من الاستجابة للحضور القسري لتقنيات المعلومات والاتصالات في جل تفاصيل حياتنا المعاصرة.

---

(١) تتألف الخطاطات المعرفية للمعالجات المحوسبة من مجموعة أنساق رياضية، وأخرى منطقية، اعتمدتها مدارس الفكر المعرفي المحوسب في التعامل مع موارد فضاء المعرفة الإسلامي بتجلياته كافة.

قد تظهر هنا أو هناك نداءات تدعو إلى إهمال توظيف الخطاب المحوسب في إعادة قراءة الكثير من الأنساق المفاهيمية التي تعاملنا معها، منذ عقود، أو قرون خلت، لكي نحافظ على أصالة الخطاب الإسلامي، ونشد عرى ارتباطه المباشر بالتربة العربية، التي تتميز بالعفوية، والخلو من سمة التعقيد التي جاءت بها الأنساق المعرفية الغربية.

وفي الوقت نفسه، تبرز من مواطن أخرى، نداءات تدعم أسلمة الخطاب المعرفي المعاصر، بقصد استثمار القدرات التي توفرها أدوات المعلومات وأنساق الذكاء المحوسب للتعامل مع متغيرات الخطاب الديني في عصرنا الراهن، وتجاوز العقبات المعرفية المصاحبة لها.

ويبدو أننا سنعاني (في جميع الحالات) صعوبة الوصول إلى قرار حاسم يوجه دفة نسقنا المفاهيمي المعاصر نحو أصحاب هذا النداء أو ذاك، لأن لكل منهما مبررات مقبولة، وحججاً قد يصعب دحضها، ولكن تشخص أمامنا مسألة واحدة تتعلق بمسؤوليتنا تجاه الخطاطة المعرفية الإسلامية التي يتوجب علينا حفظها من المعالجات المفاهيمية المشبوهة، إذ إن توقفنا عن الدخول في لجة النسق المعرفي المحوسب، سيمنح للآخر فرصة إعادة تشكيل عناصر منظومتنا العقدية والفقهية، ليورثنا إشكاليات تقارب الإشكاليات التي اختلقها المستشرقون عندما سبقوا الكثير من علمائنا في تناول الكثير من النصوص التي حفلت بها مواردنا، فنجحوا في إحداث بلبلة مفاهيمية لا يزال فكرنا الإسلامي يعاني آثارها السيئة إلى هذه الأيام.

من أجل هذا، عقدنا العزم على أن نخطو الخطوة الأولى، نحو توظيف النسق المعرفي المحوسب في بقعة محدودة من بيئتنا المعرفية الإسلامية، بعد أن عضضنا بنواجذنا على ثوابتنا الشرعية، ولم نشح بوجوهنا عن موارد الشريعة المباركة.

أولاً: الخطاطة المعرفية للذكاء المحوسب والحوسبة الذكية

بصورة عامة، يتألف الذكاء الاصطناعي من مجموعة متنوعة من الطرق، والأدوات، والنظم المحوسبة التي تستخدم للتعامل مع مجموعة من المسائل التي يفرزها الواقع، لبلوغ مستوى مقبول من المعالجات الذكية التي تقارب في أدائها بعض ما يمارسه الذكاء البشري عند التعامل معها.

كانت الخطاطة المعرفية للذكاء الصناعي ـ في بداياتها ـ محدودة النطاق، توجه اهتمامها نحو حزمة من المعالجات الرمزية لمسائل محددة تقع في دوائر يسودها النظام الميكانيكي، الذي أحكمت عملية صوغ الوصف الرياضي والمنطقي لما يسوده من عمليات. ثم توسعت دائرة اهتماماته، نتيجة للتقدم الكبير الذي حققته الخطاطة ذاتها، وأدواتها التي نجحت في احتواء كثير من حقول المعرفة وأنساقها المفاهيمية في دائرة السلطة الغاشمة للمعالجات الرياضية/ المنطقية المحوسبة.

لقد اتسعت رقعة العلوم الملتحقة بنسق الذكاء الاصطناعي، لتشمل الخطاب المعرفي الإنساني بكل تجلياته، وانشغلت باقتراح وممارسة مجموعة متنوعة من الآليات المبتكرة، لترسيخ حضور تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وضمان سريان خطاطته المعرفية في ميادين عدة، إذ إنها لم تعد مقصورة على الآلات الذكية، والحسابات الهندسية المعقدة؛ فبرزت آليات وخطاطات معرفية جديدة، مثل: الشبكات العصبونية، والمنطق المضبب، والخوارزميات الجينية، والنظم الخبيرة، والتنقيب المعلوماتي، والشبكات الدلالية؛ لكي تواكب حاجات الميادين الجديدة بتطبيقات أكثر ذكاء، وقدرة على التعامل مع عناصر منظوماتها المعرفية.

ويعد هذا النهج المبتكر من فروع المعرفة الجديدة التي أبصرت النور في العقد السادس من القرن العشرين (بالتحديد في عام ١٩٥٦). ولقد مر هذا الحقل الجديد بنمو متسارع، فتعددت شُعبه، وتلاحم نسيج مادته مع كثير من العلوم المعاصرة، بعد أن بسطت تقنيات المعلومات سلطتها على الآليات الرياضية عند استحداث الحواسيب ذات القدرة الفائقة على المعالجات الرياضية والمنطقية بشتى مستوياتها.

لقد طرحت الكثير من التعريفات الاصطلاحية للذكاء الاصطناعي، وقد برز كل منها من تربة رعت بذرتَه مدرسةٌ أو تيارٌ من التيارات الفلسفية والعلمية. وقد نحت التعريفات نحو الميدان التطبيقي الذي ترعرع المفهوم فيه، فعانى بعضها قصوراً في المعالجة، أو تحديد مساحة الحدود الاصطلاحية بمحور دون آخر.

لا شك في أن الذي ينظر ويتمعن في التعريفات التي وضعها المتخصصون إزاء اصطلاح الذكاء الاصطناعي، يجد أنها وضعت خلال بعد زمني امتد منذ بداية بزوغ هذا العلم الجديد، وأن حدودها الاصطلاحية قد تمددت، وتوسعت، في الوقت ذاته مساحة معالجاتها، بعد تحقيق هذا العلم نجاحات متعددة، وولوجه في ميادين متشعبة.

ولكي لا نضيع في زحمة الخطاب الاصطلاحي، فنقلص مساحة حضور المصطلح، أو نوسع دائرته إلى نطاق لا يحتمله، سيكون لزاماً علينا معالجة المسألة بلغة علمية بسيطة يوجهها منطق علمي سليم.

وإذا تناولنا اصطلاح «الذكاء» (Intelligence) بمفرده، سنجد أنه اصطلاح استعير من قواميس اللغة لوصف قدرة الفاعلية لدى المرء على التعلّم، والتفاعل المتكيف مع الواقع، لصناعة قرارات صائبة، والتواصل مع الغير بخطاب يمتلك بعداً معرفياً، يتسم بالحرفية، بحيث يكون أكثر قرباً من الفهم.

أما إذا ربطنا مفهوم الذكاء مع صفة «الاصطناع والمصطنع» (Artificial + Intelligence)، فستشخص أمامنا هوية جديدة لنشاط نسعى من خلال أنموذجه المفاهيمي، وأدواته، إلى ممارسة نشاط يتسم بميزة تحاكي النشاط العقلاني لدى الكائن البشري، بحيث نحقق ارتقاءً في أداء النظام المحوسب، على التوازي مع تعزيز فهمنا بماهية الآليات التي تسود العقل البشري.

من جهة أخرى، برز اصطلاح الذكاء المحوسب، لوصف مجموعة من الآليات التي تعنى بدراسة وتصميم كيانات تمارس سلوكاً يقارب السلوك البشري ـ الذكي. ويطلق على هذه الكيانات اصطلاح «الأداة الذكية» (Intelligent Agent)، كونها تمارس نشاطاً يتناسب مع معطيات الواقع، والأهداف التي يروم النشاط بلوغها، وبمستوى من المرونة قادر على التأقلم مع التغييرات المحتملة في سمات الواقع، وانعكاساتها المباشرة على الأهداف. وتتميز الأداة الذكية بقدرتها على التعلّم واكتساب الخبرة من معطيات الواقع، مع ممارسة عملية انتخاب أفضل الحلول، في ضوء نتائج عمليات الاستدلال المنطقي، وسلسلة عمليات الحوسبة التي تباشرها على عناصر معطياته.

وقد وفّرت آليات الحوسبة الذكية طيفاً واسعاً من الحقول المعرفية التي نجحت في تحقيق مستوى مقبول من محاكاة السلوك البشري الروتيني على صعيد: الرؤية، والمعالجات اللغوية، والاستدلال المرتكز على الحس العام، والقدرة على التعلّم، والسلوك العالم من خلال ممارسة المعالجات الرياضية، واستحضار أدوات المنطق الصوري، وإنشاء هيكلية برمجية تتضمن قواعد منطقية توجّه مسارات معالجاتها المحوسبة.

وقد بزّت الحوسبة الذكية الكثير من أنماط المعالجة الحاسوبية وتفوقت عليها نتيجة لكونها:

ـ ترتكز على نماذج تقارب إلى حد كبير آليات الاستدلال العقلي البشري.

ـ يمكن لنماذجها أن توظف: نهج الحوسبة بالكلمات، ومادة الحصيلة المعرفية التي تتوافر بين أيدينا نتيجة للممارسات اليومية، ولا تفتقر إلى حجم كبير من البيانات، أو تتجاوزها في كثير من الأحيان.

ثانياً: البيانات والمعلومات: مادة الخطاطة المحوسبة

إذا راجعنا البنى الاشتقاقية لكلمة «البيانات» (Data) سنجدها صيغة جمع لكلمة «Datum» اليونانية التي تدلّ على شيء ما. وعندما نتناول المسائل ذات الصلة بالهندسة، والرياضيات، والعلوم الحديثة، فإن اصطلاح البيانات يستخدم على التوازي مع معطيات تمتلك قيمة محددة.

وقد استقرت هذه الدلالة في بيئة علوم الحاسبات والحوسبة، فأضحت البيانات مجموعة متنوعة من المتغيرات العددية، والكلمات، والصور، والمتغيرات الكمية. ويمكن للبيانات أن توصف كقيمة لخاصية قابلة للملاحظة، ويمكن قياسها أو احتسابها بطرائق كمية.

بمعنى آخر، يمكن للبيانات أن تعد مظهراً لحقيقة أو إحصائية تستخدم كمرجعية أو كتحليل مفاهيمي لنسق محدد. وعلى هذا الأساس يمكن تعريفها بأنها مجموعة من الحقائق والأرقام التي يتم جمعها واستقصاؤها للاختبار، والسبر، والتحليل، لإنتاج مفهوم معرفي يدعم صناعة قرار، أو تصبح قابلة لسلسلة من المعالجات الرقمية لتتحول إلى مادة يمكن خزنها واسترجاعها بواسطة أدوات الحوسبة التقليدية أو الذكية.

بيد أن هذا المفهوم يجعل البيانات مقصورة على المتغيرات العددية، والحقائق التي تقاس بمقاييس كمية، الأمر الذي يسهم بإقصائها عن دائرة العلوم الإنسانية والاجتماعية، فيغيّب اصطلاح البيانات عن المتغيرات الوصفية التي تشكّل مادة هذه العلوم.

ونحن بدورنا، نرى أن تقنيات الحوسبة الذكية لم تعد تضع حاجزاً يفصل بين العددي والوصفي، بعد أن توافرت مجموعة من التقنيات الرقمية التي تمتلك القدرة على معالجة المحتويين الوصفي والكمّي للبيانات. لقد انبسط سلطان البيانات

وتوسعت دائرة دلالتها بحيث شملت جميع أشكال المعطيات التي يحفل بها عالمنا، من دون تفرقة بين ما هو عددي وما هو وصفي.

ويمكن بالطريقة نفسها معالجة المعلومات، بوصفها وسيلة توظّف لإثارة وبثّ أنماط مختلفة من الاستجابة تجاه الأشياء، والمبادئ، والخبرات، والأحداث التي تحيط بنا. وهي، في الوقت ذاته، الحصيلة الحتمية لمعالجة البيانات التي تصف الأشياء المحيطة بنا، وعناصر تجاربنا، وهي الوسط الذي يتم بواسطته ترسيخ الفهم وإدراك الوقائع التي تحيط بنا.

وخلاصة القول، إن البيانات كيان مجرّد عندما لا ننشئها لتحقيق غاية محددة أو لصناعة قرار، والمعلومات ـ من جانب آخر ـ هي بيانات قد عولجت وفق خطاطة معرفية يمكن أن تنتج منها معنى نهدف من خلال بيان مفرداته إلى بلوغ غاية محددة.

تكمن أهم عقبة تشخص أمامنا (عندما نحاول بيان المراتب المعرفية لمحتوى المعلومات) في عدم وجود اتفاق مسبق بصدد تعريف دلالة مصطلح المعلومات، أو في تحديد الدور المفاهيمي الذي تمارسه مادة محتواه المعرفي أثناء ممارستنا لعملية الإدراك والفهم.

فلقد استخدم اصطلاح المعلومات (في البداية) لملء جزء من فجوة مفاهيمية، اقتضتها جملة مسائل تدور في فلك أنشطة بث المفردات وتلقيها، ولم يلق عناية كافية، ولم يتناوله المفكرون بعملية السبر والتحليل، لعدم توطنه في رقعة مفعمة بالدلالات والمعاني. بيد أن براعة تقنيات المعلوماتية وهيمنة أدواتها على مساحة واسعة من أنشطة الإنسان المعاصر، باتتا تفرضان، وبقوة، ضرورة التنقير عن معان جديدة للمعلومات في تربة أضحت جل ذريراتها تتألف من كيانات معلوماتية وخوارزميات برمجية تشد كياناتها في أنساق محوسبة تعمّق دلالاتها المعرفية المعاصرة.

إذن، لم تعد المعلومات كلمة مودعة في قواميسنا ومعاجمنا اللغوية المتخمة بكلمات لا نستخدمها إلا عندما نرغب في ملء فجوة في عبارة، أو عندما نميل إلى تعمية مفهوم في عبارة مشحونة بألفاظ لا حاجة لنا إلى توضيح معانيها ودلالاتها!

لقد أضحى هذا المصطلح، ومجموعة مستحدثة من اصطلاحات فضاء المعرفة الرقمية، عناصر جوهرية في تشكيل معاني خطابنا المعاصر، وتوصيف التقنيات التي نوظفها في كل شبر من الفضاء الرقمي للمعلومات، الذي تمدد فالتفّ على

فضاء الكرة الأرضية التي احتضنت الجنس البشري منذ بضعة آلاف من السنين. لذا لم يعد أمامنا خيار سوى إعادة تحليل عناصر المصطلح وفق نهج جديد، والسعي الحثيث نحو بيان دلالاتها وتشخيص مراتبية المحتوى المعرفي الذي تستبطنه، بعد أن التصقت هوية عصر كامل بها، واستمد جميع أنماط سلطته من المحتوى الرقمي الذي يستوطنها.

وقد أحدثت الخطاطة المعرفية (المبتكرة للمعلومات) تغييراً جوهرياً في أساليب تعامل الإنسان المعاصر مع محتوى خطابه المعرفي السالف، والحالي على حد سواء. فلم يعد الخطاب كما كان عليه في السابق كتلة مفاهيمية متكاملة، بعد أن أضحى عرضة لعمليات تفكيك وتنقير مستمرة تروم تثوير المحتوى المستبطن في مفرداته، وتحليل شبكة العلاقات التي تربط بعضها ببعض، داخل حدود نسيج النص الذي وظفه الكائن البشري للإفصاح عن المعاني المودعة فيه.

لقد تحوّل جوهر المادة التي طالما ألفنا استخدامها في جميع تفاصيل حياتنا اليومية والمهنية والأكاديمية إلى كينونة جديدة تمتلك محتوى يتسم بخصائص محددة، ويستوطن في بيئة رقمية ضمن تطبيقات فيزيقية مثل قواعد البيانات، والموسوعات، ومواقع الويب، ومختلف أنماط المستودعات الرقمية التي يمكن استرجاعها، وإعادة معالجتها، أو تعديلها لإنتاج معانٍ جديدة، أو كينونات معلوماتية تصلح لمعالجات جديدة.

وقد اقتصر دور نظرية المعلومات (في ظل الخطاطة المعرفية ـ الهندسية) على مناقشة مسألة انتقال المعلومات، لكنه لا يولي اهتماماً بالمسائل المتعلقة بالمحتوى والمعنى المحمول في عناصرها. لذا تميزت المعالجة في هذا المضمار بنهج تجريدي وجّه اهتمامه نحو مراتبية وكمية الرموز التي يمكن إرسالها من مورد معلوماتي، وعبر قناة اتصالية، وفق دالة رياضية/ منطقية تركز اهتمامها بمستوى حضور الضوضاء أو غيابها عن فيض النبضات المعلوماتية.

أما المعلومات، مقابل ذلك، فهي كينونة «علائقية» (Relational)، تنشأ من تمثل البيانات لدى الجهة المتلقية. ففي ضوء الظروف والملابسات الشخصية، ومنظومتنا القيمية، وأنموذج فهمنا، ومديات ثقافتنا، تحمل البيانات ذاتها مستويات متعددة من المعلومات لكل فرد، ولكل ثقافة، ولكل وعي حضاري.

وقد برز اصطلاح «قواعد البيانات» (Data Base)، ونُظُمها Data Base» «Systems، ليعبّر عن وعاء الموارد الرقمية التي تستخدم في بيئة مجتمع المعلومات والمعرفة المعاصر، والمنظومة التي تمارس عملية إدارة هذه الموارد وتوظيفها في بيئة التطبيقات البرمجية.

ويتألف نظام قواعد البيانات من العناصر الآتية:

- مجموعة من البيانات الرقمية التي أعدت هيكلتها لوصف حزم متنوعة من المتغيرات الواقعية، أو الافتراضية، التي استودعت في قاعدة بيانات أو مجموعة قواعد.
- وسط بيني لبيئة برمجية تنسّق التواصل بين المستخدم والموارد التي يتعامل معها.
- نظام إدارة قواعد البيانات (يتألف من بيئة برمجية متخصصة) ينهض بمهمة تداول البيانات ومعالجتها على مستوى الإدخال والإخراج.
- منصّة أو «بيئة تشغيل» (Operating System)، تمارس مهمة إدارة وتواصل العناصر الثلاثة مع المستخدمين، من خلال سلسلة من الإيعازات البرمجية الشاملة، وعلى التوازي مع تطبيقات برمجية أخرى، ولأكثر من مستخدم في الوقت ذاته، وفي أكثر من مكان.

بصورة عامة، لا توجد ثمة محددات على سعة قاعدة البيانات (ما لم تتعارض السعة مع قدرة المعالجة التي يتمتع بها التطبيق البرمجي)، وتتوافر أمامنا فرصة إيداع تشكيلة متنوعة من البيانات التي تتدرج من النبضات الرقمية الثنائية، فالرموز، فالحروف، والأسماء، والمرئيات، والصوتيات، والنصوص، وقد ترتبط بها ملفات لتطبيقات برمجية متنوعة.

وتتوزع هذه البيانات على شكل سجلات تودع في حقول، تنتمي إلى هرمية معلوماتية تصنف على أساسها، لتسهيل عمليات ربط الحقول المتشابهة في ما بينها، وإجراء مختلف أنماط عمليات المعالجة لتثوير المحتوى، وسبر النزعات، وكشف الأنماط التي تسود داخل محتوى الحقل ذاته، أو الوسط الذي يجمعه مع حقل آخر، أو مجموعة من الحقول الرديفة له في القاعدة ذاتها، أو قواعد بيانات أخرى.

وينبغي أن تتوافر في قاعدة البيانات السمات الآتية، لكي تكون مورداً نافعاً ضمن النطاق الرقمي الذي يتداول حقولها، وسجلاتها:

• تكامل المحتوى من خلال حضور نمط مقبول من التنسيق بين عناصرها، وغياب الفجوات بين سجلاتها، والتخفيف من مستوى الإطناب والفضول في سجلاتها، والسعي إلى إزالة التكرار، أو تقليصه إلى الحدود الدنيا.

• سيادة منطق تنظيمي للحقول، وحسن انتخاب هوية السجلات، بحيث يكون لقاعدة البيانات هيكلة منطقية تتناسب مع أنماط البيانات التي استودعت فيها.

• توافر فرصة للمشاركة في محتوى قاعدة البيانات، وإعادة استخدامها في البيئة البرمجية ذاتها، أو في بيئات برمجية أخرى، ومن قبل أكثر من مستخدم، أو جهة مستفيدة.

• إتاحة الفرصة للوصول إلى المحتوى عبر أنماط متعددة من منطق المعالجة المعرفية، وبما يتلاءم مع حاجات المستخدمين، بمختلف نزعاتهم وتوجهاتهم المعرفية.

• أن تتحرر من الالتصاق بتطبيق برمجي دون غيره، لكي تكون أكثر شمولية في الاستخدام، ولا يؤدي غياب تطبيقها البرمجي إلى تغييب محتواها، وحرمان المستخدمين من الوصول إلى مواردها.

• قابلة للتحديث والتطوير، على مستوى عناصر المحتوى، أو على مستوى الهيكلة المعرفية، لضمان إمكانية إجراء تعديلات مستقبلية تتلاءم مع نزعات التغيير، وإدامة استخدام محتواها على نطاق زمني بعيد المدى.

ويعد نظام إدارة قواعد البيانات طبقة من الطبقات المهيكلة للتطبيق البرمجي، وتتألف بنيته المعمارية من حزمة تطبيقات بنيوية، تدير، وتنظّم، وتشرف على أي نمط من التواصل والاتصال بين المستخدمين (أبشراً كانوا أم كيانات برمجية ذكية)، وفضاء المعلومات الذي يستقر ضمن بيئة تشغيل برمجية، تستوطن في قاعدة البيانات مع مجموعة التطبيقات البرمجية المختلفة.

ونظراً إلى اتساع رقعة استخدام قواعد البيانات في فضاء المعلومات ومجاله الرقمي، فقد تنوعت أشكالها، وتدرجت مستويات تعقيدها بحسب طبيعة الاستخدام، وهوية المستخدم. وقد اعتمدت أساليب مختلفة في تصنيف قواعد البيانات، أكثرها شيوعاً النهج الذي اعتمد على سمة أو مجموعة سمات محددة تخصص هويتها.

هنا تبرز المقاربة مع قوانين الامتداد الديكارتي، فلا يوجد على المستوى الكوني فضاء معلومات يخلو من المعلومات. ويمكن أن يبرّر ذلك بأن ثلاثية المعلومات

«DIK» تشكّل مادة مالئة لهذا الفضاء بنمط «فسيفسائي» (Tessellate) يستوعب الأبعاد المتعددة لهذا الفضاء المتخيّل.

على هذا الأساس يمكننا أن نخلص إلى أن ثمة منظورين لمعالجة وتفسير قواعد البيانات، والأدوات الداعمة لحضورها في البيئة البرمجية:

المنظور الأول: يتعامل مع قاعدة البيانات بوصفها منظومة محوسبة للسجلات الرقمية، توفر للنظام الذي تقيم فيه مرونة متميزة، مع أدوات تدعم عملية إدارة المحتوى المعلوماتي الابتدائي، إضافة إلى حل الإشكاليات المصاحبة لتكرار السجلات، أو غياب التكامل بين عناصرها.

المنظور الثاني: منظور أنطولوجي يرى في قاعدة البيانات بُعداً متعالياً يتجاوز موارد ثلاثية المعلومات الاشتقاقية والإجرائية باتجاه التحوّل إلى مورد استراتيجي يسعى إلى توليد معلومات جديدة من البيانات المتوافرة، عبر سلسلة من المعالجات التي تهدف إلى استخلاص العصارة المعرفية التي تعد ثمرة لجميع أشكال النشاط الإنساني.

ويعد «المحيط المعلوماتي» (Infosphere) اصطلاحاً مهماً من الاصطلاحات التي نحتها فيلسوف المعلومات المعاصر فلوريدي بعد أن استعار مفهومه من البعد الاصطلاحي والمفاهيمي لـ «المحيط الحيوي» (Biosphere)... وقد أطلق هذا الاصطلاح على البيئة المعلوماتية التي تحتوي على جميع الكيانات المعلوماتية، وخصائصها النوعية، والعمليات التي تسود بيئتها، والتفاعلات القائمة بين هذه الكيانات، والعلاقات الحميمة التي تؤلف لحمة نسيجها الرقمي. ويمكن تمثيل هذا المحيط بوصفه بيئة حاضنة، لتضمنه حدوداً فاصلة، وفضاءات تماثلية للمعلومات، تستمر عمليات نشوئها، ونموّها، وتوسّعها.

ويتميز هذا المحيط بكثافة فائقة لمحتوى عناصره، بسبب النمو غير المتناهي الحاصل فيه، بحيث أصبحت أجزاء صغيرة من رقعته الرقمية قادرة على أن تستوعب حجماً هائلاً من المحتوى المناظر بالفضاء المكاني ـ الفيزيائي[٢].

(٢) على سبيل المثال، يمكن لقرص صلب أن يستوعب حجماً هائلاً من الكتب الرقمية التي تناظر المساحة التي تمتدّ عليها بضعة مكتبات تقليدية.

وقد عزا فلوريدي ظاهرة إعادة التوليد الوجودي للمحيط المعلوماتي إلى التقارب الجوهري بين الموارد الرقمية والأدوات الرقمية التي تتعامل معها. فتميّزت المظاهر الوجودية للتقنيات المعلوماتية مثل: البرمجيات، وقواعد البيانات، ومسارات الاتصال، وبروتوكولات مراقبة تناقل البيانات، وباتت تتشابه إلى حد كبير، وتتطابق مع المظاهر الوجودية للكيانات المعلوماتية. فنجم عن هذا الأمر غياب الفروق الملموسة بين الآلة المعالجة، والوسط الذي تمارس عليه عمليات المعالجة، فبدأت مظاهر الاحتكاك والممانعة تزول عن ساحة المحيط المعلوماتي، بحيث أصبحت سمة «غياب الممانعة» (Frictionless) وصفاً جوهرياً يلتصق بكينونته الوجودية.

وتشمل عمليات الاحتكاك حصيلة القوى التي تعترض عمليات سريان المعلومات وتدفقها خلال رقعة محددة من المحيط المعلوماتي، ويتم وصفها كمعامل يرتبط بحجم الشغل والجهد اللازم، لتوليد المعلومات والحصول عليها، ومعالجتها، ونقلها، في بيئة ما، من خلال إدامة قنوات الاتصال، والتغلب على المعوقات التي تعترض سريان المعلومات (مثل: المسافة، والضوضاء، وتناقص الموارد، ومستوى التعقيد المقيم في مادة البيانات التي نروم معالجتها).

وكلما قلّت قيمة الممانعة الوجودية، في جزء محدد من المحيط المعلوماتي، ازدادت فرصة الوصول إلى البيانات المتوافرة في ذلك الجزء. ولما كان مستوى النفاذية سمة مصاحبة لحضور الممانعة، أو غيابها عن ظاهرة السريان في بيئة ما، فيمكننا القول إن البيئة المعلوماتية هي بيئة نفّاذة لا تشكّل مظاهرها الوجودية عائقاً معنوياً قبالة سريان المعلومات وانتقالها.

تكمن الصعوبة بتناول المعلومات في الخطاب الفلسفي، نتيجة عدم وضوح حدود دلالاتها المعرفية، ولحضورها على مساحة واسعة من المعاني والاستخدامات. فلم تستأثر باهتمام الفلاسفة (منذ نهاية القرن التاسع عشر، وحتى بدايات القرن العشرين).

وعند بزوغ فجر علوم المعلوماتية (في بداية النصف الأول من القرن العشرين) بدأت المعلومات تشدّ اهتمام الباحثين، ثم طفت على ساحة اهتمام الفلاسفة نتيجةً لتعمّق دلالاتها، وانفتاحها على مساحة واسعة من مشهد الوجود الإنساني، وتعمّق حضورها في خطابنا المعرفي.

ثالثاً: أنموذج المنطق المضبّب
وفرص معالجة المسائل الظنّية

أظهرت نتائج البحث العلمي المعاصر، وجود فجوة كبيرة بين دقة الأنموذج الرياضي وصرامته، من جهة، وغياب الدقة عن بعض أوصاف المتغيرات التي نتعامل معها على أرض الواقع اليومي، من جهة أخرى. وقد وجد الباحث الإيراني الشهير لطفي زاده أن ثمة أنموذجاً جديداً لمنطق رياضي يمكن أن يقلّص من مساحة هذه الفجوة، أطلق عليه اصطلاح «المنطق المضبّب» (Fuzzy Logic)، بوصفه منطقاً يمتلك مجموعة من الأدوات التي تقدر على معالجة تلك المنطقة الوسيطة التي تفصل بين صرامة الرياضيات وتناسقها، من جهة، ودائرة المتغيرات التي لا تتسم بمستوى كافٍ من الدقة (المضبّبة)، أو تسودها سمة التشويش من جهة أخرى، حيث العالم الواقعي الذي نقيم فيه، ونتعامل معه.

ورغم أن الرياضيات قد نجحت في تحقيق نجاحات باهرة في حل الكثير من المسائل التي نشأت في تربة الواقع الذي حاول الإنسان تغييره في ضوء الأنساق المعرفية المطروحة لفهم الواقع والتعامل معه، بيد أنه هناك الكثير من العقبات المعرفية التي لا تزال تشخص أمام توظيف المنهج الرياضي الصارم في بعض ميادين الاقتصاد، وعلوم الاجتماع، وتحليل آلية اتخاذ القرار الصائب في دائرة تعاملنا اليومي، وحقول أخرى لا تتوافر في دائرة متغيراتها الدقة الموضوعية السائدة في العالم الفيزيائي، مما يؤشر بوضوح إلى عدم قدرة الأنموذج الرياضي، وخوارزمياته، وصيغه البالغة الدقة على الانطباق على جل مساحة المتغيرات التي نتناولها بالدراسة والتحليل.

ويعد المنطق المضبّب جسراً يتجاوز الفجوة المقيمة بين عتبة الدقة المصاحبة للمنطق التقليدي بسمته الحدّية، وغياب الدقة السائدة في العالم الواقعي ومحاولات الكائن البشري لتفسير المظاهر التي تحيط بنا في كل مكان. بالمقابل، تكمن الخصائص الفريدة لهذا المنطق في قدرته على التعامل مع «المتغير اللغوي» (Linguistic)، الذي بات يطلَق عليه اصطلاح منهج «الحوسبة بواسطة الكلمات» (Computing with Words)، وهو ما أسهم في فتح الأبواب على مصاريعها أمام إنشاء نماذج رياضية، ومنطقية مبتكرة، لوصف الكثير من المسائل الشائكة في علومنا المعاصرة.

تسود المعرفة اليقينية في حدود الحقول المجردة، عندما تكون الحقائق والقواعد مسلمات مطلقة تتطابق بصورة كلية مع الواقع. بالمقابل، فإن المعرفة المستمدة من الحقول المادية ربما تكون عرضة للّايَقين نتيجة محدودية الأنموذج الذي يصفها، أو عدم كفاية الأدوات المستخدمة لتجلية الكثير من خصائصها الكامنة.

هنا يبرز أمامنا تبويبٌ أكثر دقة لمحتويات المعرفة اليقينية يصنفها إلى محورين هما: المعرفة التامة حيث يكون غياب الحقائق اليقينية مكافئاً لوجود الحقائق التي تبطلها، والمعرفة الناقصة التي لا تسري عليها الشروط الحاكمة للمعرفة التامة.

ويمكن للمعرفة غير اليقينية أن تنقسم إلى قسمين: **أحدهما**، معرفة تحتوي على «لايقين قابل للقياس» (Quantifiable Uncertainty) حيث يمكن لنسبة محدودة من اللايَقين أن تصاحب محتواها؛ **والثاني**، معرفة تحتوي على لايَقين مقارب لمحتواها، وبعدة مستويات من مراتب اللايَقين.

قد ينشأ اللايَقين من التأثيرات الإحصائية، التي تنتج من عدم تكامل المحتوى المعرفي، أو من عدم الوضوح والضبابية التي تسود في مفرداتها المختلفة. وعلى هذا الأساس يمكن الظفر بمقياس كمّي لجانب اللايَقين المصاحب للمعرفة بتوظيف الطرق الإحصائية التي تحاول إزالة الضوضاء التي تسري في كيانها، أو باستخدام نماذج رياضية كمية توظف «آليات وضعية» (Empirical).

لقد تزايد الاهتمام، خلال القرون الثلاثة الأخيرة، بمسألة اللايَقين التي تكتنف الكثير من المسائل الرياضية والعلوم الصرفة. وقد توجهت أنظار الباحثين إلى توظيف آليات نظرية الاحتمال، والتحليل الإحصائي لاحتواء الضبابية، وغياب الوضوح الملتصق بالخطاب العلمي الذي يشوبه التعقيد بمختلف تجلياته المعرفية.

وقد برز اصطلاح «الاختلاط والتشويش» (Chaos)، لكي يعزز موقف نظرية الاحتمالات، فأضحى تفسير سلوك النظام في حالة التشويش والاختلاط يرتكز على مبدأ العشوائية واللاانتظام. وبعد أن تعمقت البحوث في ميدان التشويش والاختلاط ظهرت محاولات جديدة، لوضع حد فاصل بين هذه الظاهرة، والسلوك العشوائي، فذهبت إلى اعتبار التشويش مظهراً من المظاهر التي تسود في نظام تحكمه بضعة عوامل، أما السلوك العشوائي فيمكن أن يعدَّ مظهراً من مظاهر سيادة عدد كبير من المتغيرات المتباينة لبيئة النظام.

بعد أن أطلق المنطق المضبب دعوته إلى «الحوسبة بالكلمات»، أضحى لـ «المتغير اللغوي» (Linguistic Variables)، حضور راسخ، ودور حاكم في تطبيقات البيئة المضبّبة. ويتميز المتغير اللغوي باستخدام الكلمات التي تسود خطابنا اليومي للتعبير عن الخصائص التي نروم وصفها، وزجها في عمليات الحوسبة التي تسري في بيئته. كذلك يوفر المتغير اللغوي أسلوباً منهجياً للتعبير التقريبي لظاهرة تتسم بتعقيد شديد يحول دون التعامل معها بأساليب التمثيل والوصف المعرفي التقليدي، أو لا يمكن وصفها بوصف محدد، فيتحول وصفها بواسطة هذا النمط إلى متغير يمكن التعامل معه في الوسط المنطقي والرياضي، بعد أن تحدد معالم ودقة الاستخدام للوصف الجديد.

تبدأ تخوم المنطق المضبّب، عندما تبرز أمامنا «المجموعة المضبّبة» (Fuzzy Set) كبديل ملائم للمجموعة الحدّية ـ الكلاسيكية، التي لم تعد تفي بمتطلبات الفهم الرياضي والمنطقي الجديد في أنساق فكرنا العلمي المعاصر. فتعرف المجموعة المضبّبة بأنها تلك المجموعة من المتغيرات التي لا يمكن أن نعدها «بيّنة» (Crisp)، ولا يمكن تعريف حدودها بصورة واضحة ودقيقة.

هنا يصدع المنطق المضبب بمقولته الجوهرية، التي تؤكد أن صدق أي قضية عبارة عن مستوى من مستويات متباينة لدرجة انطباقها مع الواقع. بمعنى آخر، كما يوجد أمامنا قضية صادقة بصورة كلية، أو بالعكس، فهناك صدق، أو لاصدق جزئي بمستوى يتحدد من خلال المعالجة المعرفية، أو المنظور الذي ننظر من خلاله إليها. وقد أطلق على هذه المستويات اصطلاح «دالة العضوية» (Membership Function)، التي يتم من خلالها تحديد نسبة انتماء المتغير المنطقي إلى خصائص المجموعة.

بصورة عامة، يمكننا القول إن المنطق المضبّب لا يزيد على كونه معالجة معرفية تسعى إلى سد الفجوة المقيمة بين عتبة الدقة المصاحبة للمنطق التقليدي بسمته الحدّية، وغياب الدقة السائدة في العالم الواقعي، ومحاولات الكائن البشري لتفسير المظاهر التي تحيط بنا في كل مكان. بالمقابل، تكمن الخصائص الفريدة لهذا المنطق في قدرته على التعامل مع المتغير اللغوي، الذي بات يطلق عليه اصطلاح منهج الحوسبة بواسطة الكلمات، مما أسهم في فتح الأبواب على مصاريعها أمام إنشاء نماذج رياضية، ومنطقية مبتكرة، لوصف الكثير من المسائل الشائكة في علومنا المعاصرة.

رابعاً: تمرّن الشبكات العصبونية الاصطناعية على معالجة موارد الفكر الإسلامي

أثارت البنية الفريدة للشبكات العصبونية، وقدرتها الفائقة والسحرية على معالجة المدخلات القادمة من العالم الخارجي، ومهاراتها المتميزة في تقطير المعرفة من زحام المثيرات المحيطة بالكائن البشري من كل جانب، اهتمام الكثير من العاملين في ميادين المعلوماتية، وحوسبة عمليات الإدراك.

فأوحت لديهم فكرة إنشاء أنموذج محوسب يحاول محاكاة آلية عملها، لغرض استثمار قدراتها الفريدة في معالجة معطيات الواقع، وبنسق مبتكر يتجاوز التقنيات التقليدية، ويسهم في حلّ الكثير من المسائل المطروحة على ساحة التطبيقات الميدانية.

تهتم «الحوسبة العصبونية» (Neurocomputing) بمعالجة المعلومات من خلال توظيف «عملية التعلّم» (Learning Process) عبر الشبكة العصبونية الاصطناعية بدلاً من استخدام نهج البرمجة التقليدي. وترتكز آلية عمل الشبكة العصبونية الاصطناعية على معمارية رياضية تعمد إلى «الاستجابة المتكيفة» (Adaptively Respond) مع المدخلات. وتمارس هذه الآليات وفقاً لقواعد التعلّم التي تمليها طبيعة النظام، حيث تستكمل الشبكة عملية التعلّم التي تحتاج إليها بعد أن تمارس سلسلة مستمرة من عمليات التدريب، لكي تصبح مؤهلة لممارسة المهام التي ينهض بها التطبيق وتنفيذ مهماته على حالات مماثلة.

تتوافر أمامنا أكثر من فرصة لاستثمار القدرات الفريدة التي يمتلكها أنموذج الشبكة العصبونية للتعامل مع مادة الخطاب الإسلامي واستنباط فوائد متعددة توجّه مسارات فكرنا نحو فهم أفضل لمادة نصوصه.

تعدّ عملية التحليل الآلي لمحتوى النصوص من التحديات الكبيرة لتطبيقات الحوسبة، كما أنها تمثل في الوقت ذاته منهلاً خصباً لاستخلاص العصارة المعرفية من أكداس النصوص المتكاثرة التي ينتجها الإنسان المعاصر.

وهناك سلسلة من المحاولات التي سعى من خلالها العاملون في ميدان الذكاء المحوسب إلى ترسيخ مستوى مقبول من تحليل محتوى النصوص تمهيداً لإنشاء نماذج محوسبة قادرة على معالجة خطاب اللغة الطبيعية بأسلوب يقارب آليات الذهن البشري.

وقد ركّزت هذه الدراسات اهتماماتها على إنشاء تمثيل دلالي لعبارة اللغة الطبيعية وفق نسق يصف العلاقات الرابطة بين الكلمات المحورية التي تتألف منها مادة النص.

ولتجاوز هذه العقبة، ينبغي أن يُعتمد نمط جديد من المعالجة الهجينة التي تتعامل مع النص بوصفه تعاقباً من الرموز التي تتراكب مع بعضها البعض لتكوين بنى لغوية مختلفة (حروف/ أسماء/ أفعال/ ...) وتتجمع هذه البنى ضمن بنية أكثر شمولاً في سياق جملة. بالمقابل، يباشر في إنشاء شبكة عصبونية تتألف معماريتها من مجموعة طبقات، وتحتوي كل طبقة من هذه الطبقات على مجموعة من العصبونات. ثم نبدأ بإيداع المقاطع التي تتكرر لأكثر من مرة في العصبونات التي تقع في الطبقات العليا من الشبكة. وتقوم هذه الشبكة العصبونية بتمييز المعاجم المتعددة المستويات، التي ابتنيت على مستوى الحضور التكراري للبنى اللغوية المختلفة (الحروف، والكلمات، والاصطلاحات، والبنى الصرفية، والجذور).

ولكي تكون عملية التحليل أكثر فاعلية سيكون لزاماً علينا التوجه نحو استبعاد الحروف، والضمائر، والتوابع التي لا تمتلك معنى، ولا يحضر لها دلالة في نسيج النص، ولبلوغ جذور الكلمات، أثناء عمليات استبعاد البادئات، واللواحق، والنهايات الصرفية. ويطلق على هذه المرحلة: مرحلة المعالجة الابتدائية. فعلى سبيل المثال، الكلمات: بدعة، مبتدع، بديع، بدعاً؛ سيتم تمييزها وفق الجذر «بدع»، وتعدّ بقية الكلمات أبنية صرفية لهذا الجذر.

ويتطلب الحصول على آلية معالجة ابتدائية فاعلة ممارسة سلسلة من عمليات صقل ومراجعة أداء نظام الشبكة العصبونية ومستوى توافقها مع اللغة العربية، وذلك لضمان قدرة الأنموذج العصبوني على استبعاد اللواصق والملحقات وتوابع الكلمات. ويمكن استثمار البنية العصبونية ذاتها في بناء أداة استبعاد أكثر فاعلية للبنى اللغوية التي لا تستأثر باهتمام عملية التحليل التي نمارسها على النصوص المنتخبة.

أما عندما نمارس تحليل نصوص تعود إلى مصنفات ضخمة مثل: **فتح الباري في شرح صحيح البخاري** لابن حجر العسقلاني، أو كتاب **المبسوط** للسرخسي، أو **التفسير الكبير** للإمام الفخر الرازي، حيث يشخص أمامنا نصوص تتجاوز بضع عشرات من المجلدات، وحيث تحضر نصوص تعالج مسائل متنوعة تمتد على عموم فضاء المعرفة الإسلامية، سيتغير نمط المعالجة، فتتحول المقاطع الأكثر حضوراً في هذه النصوص لتستقر في خانة الكلمات المفتاحية والبنى الصرفية.

وتوفر لنا هيكلة الشبكة العصبونية (من خلال التعامل مع مقاطع الكلمات المختلفة) فرصة ثمينة لاقتناص الكلمات المفتاحية والبنى الصرفية، دفعة واحدة، في الوقت ذاته وبنمط مؤتمت. وينبغي أن نلفت الانتباه إلى أن المعالجة الابتدائية تعد الموطن الوحيد لحضور دور اللغة في المعالجات العصبونية، أما بقية المراحل اللاحقة فيغيب فيها دور هوية اللغة تماماً، وتبقى المعالجات ملتصقة بالرموز والشيفرات البرمجية التي لا تميز بين أبجدية اللغة العربية، وبقية اللغات الحيّة.

وبمجرّد توظيف مستوى العتبة (الذي تم الحصول عليه من النص المعالج) بوصفه محدداً لأداء منظومة الشبكة العصبونية، سنكون قادرين على فصل جذور الكلمات المهمة، والأسماء المهمة، عن بقية مادة النص، لنكون قادرين على ممارسة المزيد من عمليات التحليل والتفسير لمادتها، ومستوى حضورها. ورغم عملية الاستبعاد التي مورست على تلك الأجزاء فإن هذا الأمر لا يعني استبعادها كلياً عن المشهد الذي تمارسه الشبكة، والتي تحتفظ بالمعلومات عن جميع كلمات النص.

وإذا افترضنا أننا نرغب في استبعاد جميع البنى اللغوية التي لا تمتلك معنى، ومعالجة المعلومات المهمة فحسب، فإن العقد العصبونية للأنموذج العصبوني المستحدث سوف تحتفظ بجميع الكلمات المهمة، مع الترابطات المقيمة بين الكلمات، إضافة إلى الحضور التكراري للكلمات داخل حدود النص.

بالمقابل يمكن للنظام أن يحدد أهم المفاهيم السائدة في النص من خلال إنشاء الشبكة الدلالية للمحتوى، وتحويله إلى شكل قائمة مشجّرة من المواضيع المتداخلة، والمرتّبة بحسب الأهمية التنازلية. ويصار إلى ذلك من خلال تقطيع الارتباطات التي تصف العلاقات الضعيفة واستبدال علاقات محددة (غير مباشرة) بالعلاقات المباشرة والحميمة. وتسهم هذه العملية في إبراز هيكلة المقاطع الموضوعية والمفاهيمية داخل حدود النص الذي نعكف على تحليل مادته.

أما الخطوة الأخيرة فتتجه نحو إعداد خلاصة للمحتوى، التي باتت ضرورية للمراجعة السريعة. وفي هذه الحالة يمكن أن نستثمر الشبكة الدلالية لأنموذج الشبكة العصبونية لتحديد أوزان الجمل والعبارات الواردة في النص؛ فكلما تزايد عدد المفاهيم الدلالية في جملة من الجمل، وكلما تعمّق ارتباط المفهوم الأكثر تكراراً، مع حضور ارتباط معنوي بغيره من المفاهيم الأساسية، أصبحت الجملة تمتلك وزناً فاعلاً في الحضور الدلالي داخل النص.

بعدئذ تبدأ الشبكة العصبونية بتجميع الجمل والعبارات ذات الأوزان التي تتجاوز مستوى العتبة الذي سنتبناه في عملية التلخيص. وعلى هذا الأساس ستتوافر بين أيدينا فرصة لتوليد أكثر من مستخلص وفق مستوى العتبة الذي سنختاره مفتاحاً لوصف مادة خلاصة المحتوى.

خامساً: التنقيب في البيانات والنصوص ومواقع الويب

برزت تقنية التنقيب في البيانات بوصفها نتيجة حتمية للنمو المتزايد في حجم البيانات والمعلومات التي باتت تسري في البيئة الرقمية العولمية بعد أن أفرزت تقنيات المعلومات والاتصالات حزمة عريضة من الأدوات والتقنيات، بدءاً بالحاسوب الشخصي وأجياله المتعددة، وانتهاء بمراقب المراقبة الفلكية التي تستقصي البيانات من أعماق الفضاء السحيقة، والتي أسهمت جميعاً بتدفق هائل من هذه الموارد إلى المستودعات الرقمية، وقواعد البيانات الوطنية، والحكومية، والشخصية، فضاقت البيئة الرقمية بما رحبت ممّا احتوته وسائط الخزن من محتوى رقمي متنوع، ومتسع المدى.

تظهر عملية التنقير عن معاني اصطلاح التنقيب في البيانات، وجود تداخل في دلالته، نشأ من عناصر بُنيته اللغوية والدلالية. يضاف إلى ذلك وجود تقارب في طبيعة المعالجات التي تسود بيئته وبيئات أخرى يسودها المنطق المحوسب، والتي تمت بصلات مباشرة لعمليات: تحليل الأنماط والنزعات السائدة في هياكل البيانات، أو استخلاص العناصر المعرفية المستوطنة فيها، أو ممارسة الحفريات في البيانات، أو كري البيانات وغربلتها.

فبرزت اصطلاحات: «التنقيب في البيانات» (Data Mining)، و«التنقيب في النصوص» (Text Mining)، و«الكشف عن المعرفة» (Knowledge Discovery)، و«استخلاص المعرفة» (Knowledge Extraction)، و«التنقيب في مواقع الويب» (Web Mining).

وقد ينشأ التداخل كنتيجة حتمية لوجود مساحات مشتركة للعمليات المحوسبة التي تجرى في هذا الحقل أو ذاك. ومثاله التنقيب في البيانات الذي يُعنى بالبيانات المستودعة في قواعد البيانات، بينما يعنى التنقيب في النصوص بمادة النصوص الموجودة في مختلف أشكال الوثائق، ويقتصر التنقيب في محتوى مواقع الويب على هذه المواقع، سواء كانت بيانات أنطولوجية أو وثائق النص التشعبي.

أما الفرق الذي يفصل عملية التنقيب عن عملية الاستخلاص، فقد ذهب البعض إلى تفسيره على أساس اعتبار عملية التنقيب في المعلومات مرحلة من مراحل متعددة تروم استخلاص المورد المعرفي من البيانات.

إن الطيف الواسع من المعطيات التي تلتحق بدائرة البيانات، تحتم بروز فئات وأصناف متعددة منها على ساحة المتغير المعلوماتي المحوسب. وتنشأ هذه الفئات والأصناف بوصفها نتيجة حتمية للمنظور الذي تمارسه المعالجات المختلفة على مادة البيانات، فتظهر فئة على أساس هوية المحتوى، وأخرى على أساس الهيكلة البنائية لمادة المعلومات، وأخرى بحسب حقل استخداماتها.

وسنحاول التوقف عند هذه الأصناف والفئات، بما يتناسب مع الدور الذي تنهض به الأخيرة داخل حدود البيئة المحوسبة للتنقيب في المعلومات والنصوص، وآليات استخلاص المعرفة.

سادساً: النظم الخبيرة وفرص تفعيلها في دائرة التطبيقات الإسلامية

برز إلى ساحة علوم الحاسوب مفهوم «قاعدة المعرفة» (Knowledge Base) التي تحوي بين جنباتها جملة من المعارف والمفاهيم القابلة للاستثمار بدلاً من البيانات الصماء، تدعمها مجموعة من القواعد المنطقية ـ الحاكمة، والتي أضحت تشكّل مورداً مهماً لفرع هندسي جديد أطلق عليه «هندسة المعرفة» (Knowledge Engineering).

فحلت قاعدة المعارف محل قواعد المعلومات بوصفها وعاءً يستوعب عناصر المعرفة، مع مجموعة من القواعد المنطقية التي تساهم في عملية صنع القرارات. وحل «النظام الخبير» (Expert System) بصفته وليداً بكراً لهندسة المعرفة أرسيت من خلاله حقيقة الاعتقاد بأن المعرفة باتت موضوعاً يمكن أن يدين للمنطق الهندسي الذي عكف على صوغ أنموذج الإدراك بمعيار رياضي ومنطقي دقيق، لسبر الشبكة الدلالية، ومخططات المفاهيم، وتقنيات حل المشاكل، وآلية الاستدلال المنطقي، وغيرها من المسائل.

تتميز «النظم التي ترتكز على المعرفة» (Knowledge Based System) بقدراتها الفريدة على توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي، التي تدير دفة أنشطتها بواسطة

الاستخدام المكثف لموارد المعرفة في حل الإشكاليات التي يفرزها الواقع، ودعم قدرة المرء على صناعة قرارات رشيدة، وتعميق حصيلته المعرفية، ومهاراته، وخبراته.

ويتألف باب هذا النمط من النظم المعرفية من مركبتين أساسيتين:

المركبة الأولى: قاعدة معرفية تتألف مادتها من مجموعة من الحقائق، وشبكة من القواعد، والإطارات، والإجراءات.

المركبة الثانية: آلة استدلال تنهض بمهمة توظف عناصر المحتوى المعرفي للمركبة الأولى في التعامل مع المسائل التي يطرحها الواقع، وتوجيه الحصيلة المعرفية للحقائق، وتنفيذ القواعد المنطقية، وقولبة مادة الإطارات، باتجاه صناعة قرار رشيد.

ويعد النظام الخبير مثالاً حيّاً على هذا النمط من النظم المعرفية التي نشأت في البيئة المحوسبة ـ الذكية التي شاع استخدامها في مجالات تطبيقية متعددة.

وقد حرص العاملون في ميدان إنشاء النظام الخبير على توفير العناصر التالية في بيئتهم لضمان حسن أدائه:

١ ـ «قاعدة معرفة» (Knowledge Base) تحتوي على مجموعة متنوعة من الحقائق والمبادئ التي تشكّل باب الحقل المعرفي الذي يهتم به النظام الخبير، تترابط معها مجموعة من القواعد المنطقية التي تتألف هيكلتها من افتراض حالة أو وصف محدد، مشفوعاً بإجراء يناظره، مع إمكانية وجود استثناءات توجه القرار نحو مسار محدد.

٢ ـ «آلة استدلال» (Inference Engine) تضم خطاطة معرفية أعدت بإحكام نتيجة المراجعة والتحليل الدقيق للنهج الذي يعتمده الخبير البشري في توجيه عملية الاستدلال. وتكون هذه الآلة مسؤولة عن تحديد أولوية تنفيذ القواعد المنطقية، وتفسيرها عبر مخرجات تستثمر في صناعة قرارات النظام الخبير.

٣ ـ «النظم الثانوية لاكتساب المعرفة» (Knowledge Acquisition Subsystem) وهي عبارة عن نظم ثانوية ملحقة بآلة الاستدلال المعرفي، تدعم الخبراء في عملية جمع المفردات المعرفية، وتنسيقها، لغرض بناء قواعد المعرفة المختلفة التي تتطلبها المسائل المطروحة.

٤ ـ «وسط بيني» (User Interface) لتواصل المستخدم مع النظام الخبير.

٥ ـ «نظم التفسير الثانوية» (Explanation Subsystem) وهي عبارة عن نظم ثانوية تسهم في تفسير وبيان الأنشطة والفعاليات التي يمارسها النظام. وتراوح عملية التفسير بين توفير تبرير كيفية الوصول إلى الحلول الوسيطة أو النهائية للمسألة، إلى مرحلة تبرير الحاجة إلى بيانات إضافية لضمان الحل الأمثل للمسألة.

ويختلف النمط الذي تعالج فيه مفردات العناصر المعرفية التي يتم الحصول عليها من خلال عمليات المراجعة والاستخلاص، إذ تدرج «الحقائق» (Facts) في قاعدة البيانات على أساس المطابقة أو التناقض، أو بشكل قيم عددية وبصيغ تتسم بالبساطة ولا تفتقر إلى معالجات إضافية.

فعلى سبيل المثال نورد شواهد على نماذج متعددة من الحقائق:

أبو هريرة = صحابي.

الحسن البصري = تابعي.

الحسن البصري ≠ صحابي.

الحديث المنقطع = حديث ضعيف.

ابن لهيعة = راوي حديث.

الحجاج بن أرطأة = ضعيف.

وفاة الإمام الشافعي = ٢٠٤ هجرية.

أما على صعيد استنباط موارد المعرفة التي تتألف منها القواعد التي يوظفها الخبراء في التعامل مع المسائل التي يطرحها، فتتطلب جهداً إضافياً، وتستلزم آليات تختلف، إلى حد كبير، عن الحقائق التي أوردناها قبل قليل.

بصورة عامة توظَّف **خمسة** أنماط دلالية ضمن الهيكلة المنطقية للقواعد التي تستخدم في النظام الخبير:

النمط الأول: إنشاء العلاقة بين متغيرين.

إذا غاب الصحابي عن سند الحديث..

إذن الحديث مرسل.

النمط الثاني: إصدار توصية أو نصح.

إذا كان الحديث ضعيفاً...

إذن لا يمكن الاحتجاج به.

النمط الثالث: التوجيه باعتماد نهج محدد.

إذا كان الحديث ضعيفاً...

إذن لا يعتمد في مسائل العقيدة.

النمط الرابع: قواعد توجه إلى حسن إدارة الأمور.

إذا كان الراوي قد ضعفه صيارفة الرجال...

ولـم تتبين سبب الجرح...

إذن تأكد إن كان الجرح مفسّراً.

تم التأكد من أن الجرح مفسّر.

النمط الخامس: «قواعد استدلالية» (Heuristics)

إذا كان الحديث ضعيفاً بذاته...

وكان للحديث شواهد ومتابعات.

الحديث ضعيف بذاته... حسن لغيره.

تعد القواعد المنطقية من أكثر الأنماط استخداماً في عملية التمثيل المعرفي. وتتألف هيكلة القاعدة من بنية لغوية/ منطقية تربط بين افتراض حالة بعبارة «إذا» (If)، ونردفها بإجراء تتضمنه عبارة «إذن» (Then).

ويطلق على الجزء الأول من القاعدة اصطلاح «العنصر الشرطي للقضية المنطقية» (Antecedent) أو «الشرط/ الافتراض الأساسي» (Premise). بينما يطلق على الجزء الثاني اصطلاح «النتيجة المنطقية» (Consequence) أو الاستنتاج/ الاجراء.

إذا «تحقق عنصر شَرطي لقضية منطقية»

إذن «هناك إجراء بوصفه نتيجة منطقية لذلك»

وقد تحتوي القاعدة ذاتها، في بعض الأحيان، على أكثر من نتيجة منطقية، ترتبط بعبارة «و» (And) الاقترانية، أو عبارة «أو» (Or) الفاصلة، أو جامع فيما بينهما.

من جهة أخرى يتألف العنصر الشَرطي للقضية المنطقية من قسمين: «كينونة لغوية» (Linguistic Object) والقيمة المناظرة لحضورها في القضية الشرطية. ويصار إلى ربط الكينونة اللغوية مع قيمتها بواسطة «معامل رياضي» (Operator).

سابعاً: تطبيقات أنطولوجيا الويب والشبكات الدلالية في موارد الشريعة

لقد تعزّز استخدام الأنطولوجيا المحوسبة بعد أن تحولت مادتها إلى نسق رياضي/ لغوي/ منطقي يمكن أن يغذى إلى بيئة رقمية ـ محوسبة حيث تعالج المفاهيم الأساسية ضمن الميدان المعرفي الذي ينتمي إليه، ويدعمها نسيج العلاقات التي تربط هذه المفاهيم مع بعضها البعض، فتتشكل من هذا الخليط من الهيكلة المعرفية نسقاً معرفياً متكاملاً.

لماذا نأمل في توظيف أنطولوجيا المعلومات لإعادة تشكيل الخطاب الإسلامي المطروح على مواقع الويب؟ وهل ثمة حاجة شرعية إلى هذا السعي؟ أم أنها حاجة تفرضها تطبيقات برمجية معاصرة، نجد أنفسنا بحاجة إلى مواكبتها لتطوير حضور الخطاب الإسلامي على الشبكة العنكبوتية؟ سؤال قد يطرحه طيف واسع من المشتغلين بالعلوم الشرعية داخل حدود البيئة المعلوماتية وخارجها، كما قد يجول ببال المستخدم المسلم.

بدايةً؛ يمكننا القول إن هناك تغيراً ملموساً في طرح الخطاب الإسلامي في عصرنا الراهن، سواء على مستوى قنوات طرح الخطاب أو فقه الخطاب المطروح. لقد تلقينا مادة الشريعة الإسلامية شفاهاً من شيخ إلى حلقة طلاب العلم وأحكمت مادتها عبر صيغ الرواية، ومراتبها في دائرة رواية الحديث النبوي، وسند رواية مصنفات العلوم الشرعية الأخرى، والتي يفتخر الناسخ بتثبيتها على نسخته المخطوطة. وأسهمت الطباعة وتحقيق النصوص في توفير كمٍّ كبير من النصوص الشرعية في ظل تحقيق ومراجعة دقيقة، يضاف إليها حرص الأئمة على مراجعتها في دروسهم الفقهية مع إدراج تعقيبات في هوامش النصوص لتوضيح عبارة مشكلة، أو إدراج فوائد نشأت عن دقة فهم.

لقد تعودنا مطالعة النص الشرعي بحضور شيخ يوجه مسارات فهمنا للنص وفق الأنموذج المفاهيمي للمادة الشرعية، أما الآن، وبعد أن توافرت النصوص الشرعية

بمادتها الرقمية، وطُرحت بسخاء على مواقع الويب المختلفة، وغاب عن ساحة لساننا منطق اللغة وبلاغتها، فقد بدأنا نجمع المادة كحاطب ليل، فندرج الغث مع السمين، ونستعير عبارة من فقيه مالكي، لنصلها مع عبارة من فقيه شافعي، مؤلفين عبارات ومفاهيم تبدو وفق منطقنا الراهن سليمة، بيد أنها مليئة بالتناقضات المعرفية وفق النسق الشرعي الإسلامي.

إذن، نحن بحاجة ماسة إلى مراجعة المحتوى المطروح على الإنترنت، الذي بات قادراً على الوصول إلى بيت كل مسلم، ويمتلك شرعية حضوره على صفحات ويب مجهولة المرجعية، في وقت لم يعد الكثير من المسلمين قادرين على تحديد مستوى التزام مضامينه مع ثوابت الشريعة، ونهج أئمة العلم الشرعي ورجالاته.

ولا يمكن تحقيق ذلك من دون وجود نسق معرفي، متفق على مضامينه، على أن يتسّم بكونه:

١ ـ متماسكاً ومتوافقاً مع ثوابت الخطاب الإسلامي الحق، وخالياً من الإطناب والإسهاب الذي يُفقده سمة الوضوح، ويغيّب عنه معايير الدقة والوضوح.

٢ ـ يتمتع بهيكلة معرفية مرنة، قادرة على الانفتاح والتوسع في المضامين والمفاهيم في ضوء الحاجات التي يفرضها الواقع بين الحين والآخر.

وسيسهم حضور هذا النسق المعرفي في توفير فرصة لتوظيف أدوات الحوسبة الذكية في التنقير عن المادة التي نروم بلوغها، وحوسبة مضامينها للتحقق من مطابقتها مع الأنطولوجيا الشرعية، وستمارس دور المراقب على الخطاب الشرعي ـ المطروح في مواقع الويب. إلى ذلك، ستتوافر بين أيدينا فرصة سانحة لتحرير المادة المطروحة، وإعادة استخدامها، ومقارنتها بنصوص مقاربة، وتوليفها مع نصوص أخرى لإنتاج خطاب شرعي محدد.

هذا ما سنحاول الإجابة عنه في هذا الكتاب، ونأمل أن يجد صدى كافياً لدى الباحثين في ميدان حوسبة مادة النصوص الشرعية، فيشرعون بفتح آفاق جديدة، ويدشنون مجموعة خصبة من التطبيقات التي نحن بأشد الحاجة إليها لحماية حياض نصوص الشريعة، التي بدأت تنتشر كالسيل الجارف في مواقع الويب العنكبوتية، دون أن يحكمها منطق المُحدثين الصارم الذي نجح بحفظ مرويات رسول الله (ﷺ)، ولا منطق المتكلمين، وبلاغة المفسرين الذين منعوا حضور تأويلات المبتدعة والجاهلين.

وعندما ستتولد لدينا الرغبة في إنشاء هيكلة أنطولوجية لموضوع محدد، ونأمل في:

أ ـ صوغ فهم مشترك حول هيكلة المعلومات التي يتداولها المستخدمون، أو تلك التي توظف في المعالجات المعرفية، أو صناعة البرمجيات.

ب ـ تعزيز القدرات على إعادة استخدام نطاق المعرفة وفق نسق مفاهيمي أكثر شمولاً.

ج ـ فصل مفردات نطاق المعرفة عن مفردات المعرفة التي يتم تداولها على صعيد الاستخدام اليومي.

د ـ توفير المناخ المناسب لتحليل عناصر نطاق المعرفة وهيكلة مكوناتها وفق نسق معرفي يسهل تداوله في بيئة المعلومات الرقمية.

ينبغي أن يتوجه مسار تفكيرنا نحو خارطة طريق تحكمها حاجاتنا التي تتطلب إنشاء أنطولوجيا محوسبة بذاتها. فإذا كان بين أيدينا مجموعة من مواقع الويب التي تعالج مسائل شرعية أو تطرح خدمات متنوعة للمستخدمين في ميدان شرعي محدد، وكانت هذه المواقع الشرعية تتداول وترتكز على الأنطولوجيا الأساسية ذاتها، ستتوافر أمام العميل الذكي المحوسب (وهو تطبيق محوسب يتمتع بقدرات ذكية) فرصة سهلة لاستخلاص المفردات المعرفية وتجميعها من هذه المواقع ضمن هيكلة معرفية يمكن توظيفها كمدخلات لمعالجة معرفية في تطبيق محوسب، أو تزويد المستخدم بالمادة التي يريدها دون أن ينشطر مسار البحث نحو مسائل لا تقع في دائرة اهتمام المستخدم.

وكلما كانت هيكلة الأنطولوجيا التي نعكف عليها أكثر شمولاً، وتستوعب تفاصيل النطاق المعرفي، فإنها ستمهد إلى توفير أكثر من فرصة لإعادة استخدامها في حقول تطبيقية متعددة للمسائل الشرعية (على سبيل المثال) مهما كانت هوية المدرسة الفقهية التي نتعامل معها لأن الثوابت الفقهية مشتركة.

وفي الوقت ذاته يمكن أن ننشئ أنطولوجيا نعالج فيها مسائل تتعلق بعلوم الحديث دراية أو رواية، ونعمد إلى استخدامها للبحث عن حديث يتوافق شرطه مع شروط أحد الأئمة الستة، أو يضم طريق إسناده سلسلة الذهب. أما تحليل النطاق المعرفي فيصبح في متناول أيدينا متى بذلنا (أثناء صناعة الأنطولوجيا) جهداً رصيناً لصوغ تعريف

تصريحي يتناول المفردات المستخدمة، التي تشكّل مادة نسيج الأنطولوجيا، فيصبح الطريق أمامنا مفتوحاً لإعادة استخدام الأنطولوجيا في مجال مقارب، أو توسيع نطاق أنطولوجيا زيادات الإمام النسائي على الصحيحين كي تصبح قابلة للاستخدام في التنقير عن زيادات الإمام أبو داؤود من خلال إضافات هيكلية محددة.

بصورة عامة، تتألف البنى الأساسية للأنموذج الأنطولوجي من حضور الكيانات المعلوماتية والعلاقات التي تربط في ما بينها في نطاق معرفي محدد. وتتميز العلاقات التي تربط كيانات الأنطولوجيا المحوسبة بثرائها عندما نقارنها بالعلاقات التي تربط حقول البيانات في القواعد العلائقية، وذلك لأن أنموذجها المحوسب يوظف الشبكات الدلالية في ربط كياناتها بالعلاقات التي تجمعها وترسخ المعاني المستوطنة في مجالها المعرفي.

مقدمة

هل أقفرت قراءاتنا وخطاطاتنا المعرفية، بحيث لم تعد قادرة على إسهامنا في فهم، وتحليل، وسبر نصوص موارد شريعتنا الإسلامية الغرّاء، فاضطررنا إلى استخدام تقنيات الحوسبة الذكية؟

وهل أصيبت عقولنا بحالة من الضمور بحيث لم تعد قادرة على قراءة نصوص الشرع الحنيف من دون حضور فاعل في بيئة المعلومات وأدواتها الرقمية؟

هذان السؤالان، وأسئلة أخرى سوف تطفو على سطح الفكر، عندما سيقع نظرنا على عنوان هذا الكتاب، الذي سيبدو غريباً وغير مألوف لدى طيف واسع من القرّاء. ولعل أول ردة فعل تجاه هذه المعالجة (غير المألوفة) ستكون في الإعراض عنه بالكلية، فلا نكلّف أنفسنا حتى بتصفح قائمة مواضيعه.

بينما قد يذهب البعض إلى مطالعته (بدافع الفضول)، فيصدر بحقه (بعد مطالعته جزءاً أو كلاً) حكماً نقدياً صارماً ويعدّه ترفاً فكرياً، أو يبالغ في نقده فيعتبره محدثة وبدعة قد تحمل معها آثاراً سيئة إلى نسقنا المفاهيمي الإسلامي.

إن تغلغل «الخطاطة المعرفية المحوسبة»[1] في جل البقع التي تستوطن فيها مادة خطابنا المعاصر، بات يحتم علينا إعادة تشكيل أنساقنا المفاهيمية حول كثير من المسائل التي ترتكز عليها مادة خطابنا الإسلامي بمختلف أشكال تجلياته المعرفية.

(١) تتألف الخطاطات المعرفية للمعالجات المحوسبة من مجموعة أنساق رياضية، وأخرى منطقية اعتمدتها مدارس الفكر المعرفي المحوسب في التعامل مع موارد فضاء المعرفة الإسلامي بكافة تجلياته.

لقد بدأت الحوسبة بوصفها آلة تذلل أمامنا عقبة ابتلاع الزمن المطلوب لإجراء سلسلة من الحسابات الروتينية التي تثقل كاهل الإنسان برتابتها، وحاجتها إلى دقة عالية، وقدرة على تكرار عدد هائل من خطوات الحساب. بيد أن تنامي قدرات الحوسبة، وبروز أنساق جديدة حاولت استثمار آليات الذكاء البشري ضمن أنموذج محوسب يمتلك قدرات غاشمة، قد أسهمت في إحداث تغيير جوهري في الدور الذي يمكن أن تمارسه الأدوات المعلوماتية بعد أن امتلكت القدرة على تفكيك مفردات المسائل التي يحفل بها عالمنا اليومي، وتحويلها إلى كيانات رقمية متناهية الصغر، يشدها نسيج شبكاتي من الأنساق المفاهيمية، في محاولة للظفر بطبيعة الأنماط السائدة بين جزيئات المادة، ونسيج عصبونات خلايا الفكر. من هنا يمكنني القول إن التفكير في تأليف هذا الكتاب جاء، بصورة ما، نوعاً من الاستجابة للحضور القسري لتقنيات المعلومات والاتصالات في جل تفاصيل حياتنا المعاصرة.

قد تظهر هنا أو هناك نداءات تدعو إلى إهمال توظيف الخطاب المحوسب في إعادة قراءة الكثير من الأنساق المفاهيمية التي تعاملنا معها، منذ عقود، أو قرون خلت، لكي نحافظ على أصالة الخطاب الإسلامي، ونشد عرى ارتباطه المباشر بالتربة العربية، التي تتميز بالعفوية، والخلوّ من سمة التعقيد التي جاءت بها الأنساق المعرفية الغربية.

وفي الوقت نفسه، تبرز من مواطن أخرى، نداءات تدعم أسلمة الخطاب المعرفي المعاصر، بقصد استثمار القدرات التي توفرها أدوات المعلومات وأنساق الذكاء المحوسب للتعامل مع متغيرات الخطاب الديني في عصرنا الراهن، وتجاوز العقبات المعرفية المصاحبة لها.

ويبدو أننا سنعاني (في جميع الحالات) صعوبة الوصول إلى قرار حاسم يوجه دفة نسقنا المفاهيمي المعاصر نحو أصحاب هذا النداء أو ذاك، لأن لكل منهما مبررات مقبولة، وحججاً ربما يصعب دحضها. ولكن تشخص أمامنا مسألة واحدة تتعلق بمسؤوليتنا تجاه الخطاطة المعرفية الإسلامية التي يتوجب علينا حفظها من المعالجات المفاهيمية المشبوهة، إذ إن توقفنا عن الدخول في لجة النسق المعرفي المحوسب سيمنح الآخر فرصة إعادة تشكيل عناصر منظومتنا العقدية والفقهية، ليورثنا إشكاليات تقارب الإشكاليات التي اختلقها المستشرقون عندما سبقوا الكثير من علمائنا في تناول الكثير من النصوص التي حفلت بها مواردنا، فنجحوا في إحداث بلبلة مفاهيمية، لا يزال فكرنا الإسلامي يعاني آثارها السيئة إلى هذه الأيام.

من أجل هذا عقدنا العزم على أن نخطو الخطوة الأولى، نحو توظيف النسق المعرفي المحوسب في بقعة محدودة من بيئتنا المعرفية الإسلامية، بعد أن عضضنا بنواجذنا على ثوابتنا الشرعية، ولم نشح بوجوهنا عن موارد الشريعة المباركة.

نستهل هذا القول بما يشبه أن يكون تقديماً أولياً يلقي بعض الأضواء على ما نعتقد أنه الخلفية التي تؤطر هذا الكتاب. أما تحديد المجال الذي سيتحرك فيه، بعد الفراغ من كتابة مجموعة متنوعة من البحوث على صعيد تطبيقات الحوسبة الذكية في فضاء المعرفة الإسلامي، فقد كان أمراً سهلاً وصعباً في الوقت ذاته. هو سهل لأنه بالإمكان القول إني أتحرك هنا ـ كما في بحوثي الأخيرة ـ داخل رحاب فضاء المعرفة الإسلامي الذي يلامس شغاف قلبي، ويشدّني إليه لأن فيه مشكاة الخطاب الإلهي، وبركة الإرث النبوي.

وهو صعب لأني لا أستطيع أن أبيّن بوضوح هل الخوض في هذا الموضوع المعقّد والشائك، في الوقت ذاته، هو بمنزلة تأسيس لنهج جديد، سيفتح مجالاً واسعاً لمعالجات أكثر عمقاً، أم أنه أشبه بلملمة لمجموعة الدراسات الأخيرة التي عكفت على إعدادها ونشرها في مؤتمرات ومجلات علمية دولية، خلال عقد من الزمان؟

الأمر المؤكد عندي هو أني أطرق باباً لم يتعود المتخصصون على التعامل معه، فكيف بمن أَلِفَ الانكباب على مصنفات أئمة العلوم الإسلامية ولم يستخدم الحاسوب إلا لإيداع النسخ الرقمية لهذه الكتب، أو تدوين ملاحظاته وبحوثه. فكيف سأنال رضا أئمة علومنا الشرعية، وهل سأسلم من سهام النقد، التي لا أستبعد أن يكون بعضها مؤثراً، أو مورثاً للألم؟

ولكن قناعتي الراسخة بأهمية هذا النهج من المعالجات المحوسبة بات ضرورياً لكي نُدخل مادة الفضاء المعرفي الإسلامي، بتشعباتها المفاهيمية كافة، إلى مشرحة التحليل الذي تمارسه أدوات الحوسبة الذكية، ولتتعاطى مع أبعاد التحليل المحوسب للخطاب، في محاولة جادّة لاستخلاص عصارته المعرفية، من خلال سبر خصائص نسيج النص، والعلاقات الحميمة التي تربط بين مفرداته، وتجتهد في مراجعة نتائج جميع أنماط المعالجات المحوسبة، والحصيلة المعرفية التي يمكن أن تنتجها هذه المعالجات. وسنسعى، في الوقت ذاته، إلى تقديم أكثر من أنموذج يسعى إلى تمثيل المحتوى المعرفي، ويقدم إجابات موضوعية عن الخطاطة المعرفية التي تسري في هذا المجال أو ذاك.

لقد كان القصد، ضمن مشروع هذا الكتاب، أن يطرق باباً جديداً في التعامل مع نصوص فضاء المعرفة الإسلامية، بعد أن بدأت أدوات المعلومات والاتصالات وتقنياتها الرقمية بالولوج في جل مفردات حياتنا المعاصرة، بحيث لم يعد أمامنا خيار في دفعها، أو التقليل من مستوى حضورها الذي بات يستمر في نموه بوتائر غير مسبوقة.

بيد أن بلوغ هذا الهدف، الذي يشكل طموحاً معرفياً متصاعداً، كان يتطلب منا وقتاً وجهداً مضنياً لحصر خارطة الخطاطات المعرفية لمدارس الفكر الإسلامي الثريِّ بمادته، مع تبني معايير دقيقة لاختيار النصوص كحقل للتحليل والحوسبة الذكية، ولتجميع ما يمكن تجميعه من معطيات ستستخدم بوصفها مدخلات للنماذج المنطقية والرياضية المحوسبة، مع محاولة تحليل النسق المفاهيمي لكل مسألة من المسائل، من خلال منظور المدرسة الفكرية التي نشأ وترعرع في تربتها المعرفية، من جهة، ثم انتخاب الأنموذج المحوسب الذي تتوافق معه المعالجات التي تسري في بيئة النموذج مع هذا النسق المعرفي أو ذاك، لكي يكون الطرح أكثر إقناعاً، لأن الإنسان مجبول في طبعه على رفض كل جديد غير مألوف، يتناول المفاهيم بنمط مبتكر لم يألف التعامل معه.

الهدف إذن، كان أشمل من التوظيف الظاهري والمتعجّل لنماذج محوسبة رياضية/ منطقية وتطبيقها على مسائل منتخبة من علوم: التفسير، أو الحديث، أو الفقه؛ وهو أكبر من مجرد محاولة تلفيقية لصناعة نموذج مبسط، أو آخر معقد يسعى إلى تبرير ظاهرة قد لا تتوافق مع فضاء المعرفة الإسلامي. لأننا قد حاولنا منذ البداية ربطه بمشروع، أضخم حجماً، وأشد اتساعاً، يخص سلسلة من المعالجات المحوسبة التي تتعامل مع هذا الفضاء المعرفي الذي قد التصق بتفسير الخطاب الإلهي، والسنّة النبوية الشريفة، والتزم بمعايير اللغة العربية، لكي يمهّد لتحول جديد، نرى أن حتمية حصوله باتت قريبة جداً، ونأمل أن لا تكون معالجاتنا عند التحوّل الجديد، متعجلة، وتخلو من المنهجية العلمية الدقيقة، التي تتعامل مع النص الإسلامي بوصفه مرجعية لا يمكن تجاوزها، وتتقن آليات الحوسبة الذكية بحيث لا ينشب عن إدخالها في ساحة النص الشرعي أي عقبة معرفية، أو تنتج إجابات لا تتوافق مع ثوابت خطابنا الإسلامي المحكم.

هذا، وسنقسم هذه الدراسة إلى **سبعة** فصول، فنخصص **الأول** لتحديد معالم الخطاطة المعرفية للحوسبة الذكية، مع بيان أهم الأساليب التي اعتمدت لمحاكاة آليات الذهن البشري.

أما **الفصل الثاني** فقد تركّز اهتمامه على مادة البيانات والمعلومات، كونهما يشتركان في تشكيل مادة الخطاطة المعرفية المحوسبة، وسيحاول أن يحفر في المعالجات المعرفية التي تناولت عناصرهما بالسبر والتحليل. كذلك سنعرّج على موضوع فلسفة المعلومات لتحليل عناصر بيئة فضاء المعلومات.

وسيشكّل **الفصل الثالث** الخطوة الأولى على صعيد المعالجات المحوسبة، حيث كانت البداية مع توظيف أنموذج المنطق المضبّب وفرص معالجة المسائل الظنية في فضاء المعرفة الإسلامي. وقد تناولنا المنطق المضبّب، بأسلوب مبسط، قبل أن نشرع بتحليل خطاطته المعرفية، ثم نحاول تطبيق نماذجه على مسائل إسلامية في أكثر من حقل معرفي.

أما **الفصل الرابع** فسيجتهد في تمرين الشبكات العصبونية الاصطناعية على التعامل مع موارد متنوعة من حقول المعرفة الإسلامية لمحاكاة الآليات التي يستخدمها العقل البشري مع بيانات الواقع. وكان **الفصل الخامس** مدخلاً جديداً إلى فرص استخدامات تقنيات التنقيب في موارد المعلومات، ومحتوى مواقع الويب لتتبع أنماط المفاهيم السائدة في نصوص فضاء المعلومات، وإيجاد القواسم المشتركة بين مفرداتها، ونسيج المحتوى الرقمي.

وجاء **الفصل السادس** ليعالج مسألة النظام الخبير (الذي بات يستخدم بكثافة للاستعاضة عن خدمات الخبراء) ودراسة فرص صناعة خبير محوسب على صعيد معالجة مسائل فقهية، أو حديثية. وكانت نتائج التطبيقات مشجعة وتبعث على التفاؤل.

وسنخصص **الفصل السابع**، والأخير من الكتاب، وضمن الآفاق التي نروم فتح أبوابها أمام معالجات بحثية معمقة، لتحليل عناصر الشبكات الدلالية وأنطولوجيا الويب، في محاولة لتشكيل أنطولوجيا شاملة لجميع مكونات فضاء المعرفة الإسلامية الذي بات يستوطن بكثافة مواقع الويب.

ولقد آثرنا استخدام اصطلاح الخطاطة المعرفية بدلاً من توجهنا نحو استخدام اصطلاح النسق المعرفي، الذي وجدناه في دراساتنا السابقة، أفضل تعبير عن اصطلاح «براديغما» (Paradigm) الذي شاع استخدامه في الدراسات الفلسفية المعاصرة، والمعالجات المفاهيمية التي استوطنت بيئة بحوث نظرية المعرفة في العصر الحديث[٢].

---

(٢) لقد عثرت على هذا الاصطلاح، للمرّة الأولى، في الدراسة المعمّقة للمفكر الإسلامي بلال التليدي، بكتابه **مراجعات الإسلاميين: دراسة في تحولات النسق السياسي والمعرفي**، وأعجبت باستعارته الذكية لجذر =

وعليه، سنستخدم اصطلاح الخطاطة المعرفية بوصفه مرادفاً لاصطلاح النسق المعرفي، خلال هذه الدراسة. وسيكون حضوره في النص للتعبير عن منهجية معرفية، ونسق لمعالجة محوسبة استلهمت للتعامل مع حقل من حقول المعالجات الذكية، سواء تناولت تجليات الفكر الإسلامي في حقول: التفسير وعلومه؛ ومصطلح الحديث وعلومه دراية ورواية؛ والمذاهب الفقهية وأنساقها وقواعدها الأصولية؛ والتاريخ الإسلامي؛ وغيرها من المجالات.

وفي الختام، يمكننا القول إن معالجاتنا المحوسبة، رغم تباين أساليبها وحضورها المعرفي، قد التزمت سمةً أساسيةً، يمكن تلخيصها بحرصنا على الالتصاق التام بالمرجعية الإسلامية في تأصيل المفردات، وإنشاء تفاصيل مختلف أنماط الخطاطات المعرفية، بحيث لم نفكر ـ ولو للحظة ـ في عدم الانتظام بالكليات المعرفية الإسلامية التي أسسها أئمة الفضاء المعرفي الإسلامي، منذ بدايات ولادة العلوم الإسلامية، التي كان هاجسها الأول والأخير خدمة الشريعة وعلومها.

لذا، فإن مراجعة نتائج تطبيق المعالجات المحوسبة على موارد الشريعة وعلومها، قد استمدت تبريراتها من هذه الكليات المعرفية، سواء على مستوى قراءتها للنصوص الشرعية، أو للخطاطة المعرفية الإسلامية التي استنبطت مشروعيتها من مادة النص الذي سعت إلى تأصيل مفردات خطابها المعرفي من خلاله.

بصورة عامة، يمكن أنْ نقرر أنّ الخطاطة المعرفية الشاملة، التي تبنيناها على عموم مساحة المعالجات المحوسبة، ستختلف في أسلوب تعاملها مع النصوص، مع ما انتهجته الخطاطة الشرعية في العناصر الآتية:

ـ أن هذه الخطاطة استندت أساساً، في تسويغ منطلقاتها، إلى حقيقة وجود منطق متماسك يسري في الفضاء المعرفي الإسلامي يمكن أن يستثمر في توجيه دفة القدرات المحوسبة الغاشمة بتوفير خدمات تليق بالنصوص الشرعية.

= «خطّ» من قاموس لغتنا العربية الثرية ليودعها في قاموس مصطلحات كتابه القيّم، فجعل من اصطلاح **الخطاطة** مرادفاً لاصطلاح **النسق المعرفي** الذي تعوّدت استخدامه منذ أكثر من عقد من الزمان بدلاً من الترجمة الحرفية «براديغما» التي استخدمها الكثير من المفكرين العرب في دراساتهم المعاصرة. فقررت البدء بالهجرة التدريجية من دائرة اصطلاحي القديم باتجاه الاصطلاح الجديد، كونه أقرب إلى لغتنا الأم، من جهة، وإلى سعته الدلالية التي أجدها تتفوق كثيراً على السعة الدلالية التي يمكن لاصطلاح النسق المفاهيمي أن يمتلكها.

ـ أن الخطاطة المحوسبة قد تجنّبت، عند إنشاء نماذجها، وتبرير نتائجها على صعيد المنهجية الشرعية، وآثرت عدم الانشغال في مراجعة الدليل الشرعي التفصيلي، أو تبني مذهب فقهي دون آخر، لأن جل انشغالنا كان متوجهاً صوب الكليات الإسلامية وفرص إنجاح تواصلها مع المعالجات المحوسبة الذكية.

ـ لم تفرض الخطاطة المعرفية المحوسبة نسقها على مادة محتوى الفضاء المعرفي الإسلامي، بل سعت على الدوام، إلى أن تكون أداة دعم لإبراز مضمون، أو إبداء تبرير للأحكام التي نبعت من تربته، ولم تحاول أن تكون أداة حاكمة عليه، بل محكومة بخطاطته ومبادئه العامة.

من أجل هذا لم تكن مهمتنا بالسهلة، خلال المعالجات المحوسبة التي أوردناها في فصول الكتاب المختلفة. لكن هذه الصعوبات، والمسالك الشائكة التي برزت أمامنا، هنا وهناك، لم تمنع من خوض هذه التجربة الجديدة، وسعينا الدائم إلى تلمّس مخرج آمن لكل حالة، ومحاولة التماس بناء متماسك يجسد لنا الخطاطة المعرفية الشاملة لزَجِّ نصوص فضاء المعرفة الإسلامي في بيئة الحوسبة الذكية.

وسيلاحظ القارئ كم بذلت من جهد استثنائي لأعتصر المفاهيم الرياضية المعقدة، وأودعها في خطاطة معرفية، سهلة التناول، تمنح قراءنا الكرام فرصة معاينة بعض التطبيقات، التي يمكن أن تمارسها تقنيات الحوسبة الذكية، على موارد معرفية منتخبة من فضاء الفكر الإسلامي.

أسأل الله تعالى أن يوفقني إلى ما يحبّه ويرضاه، وأن يجعل عملي هذا متقبّلاً وخالصاً لوجهه الكريم، ويرسّخ لي قدماً لخدمة شريعته الغرّاء، وسنّة نبينا الأكرم محمد (ﷺ)، فهي الزاد في يوم لا زاد ينفع فيه غيرها.

حسن مظفر الرزو
الموصل، ٢٠١٤

الفصل الأول

الخطاطة المعرفية للذكاء المحوسب والحوسبة الذكية

«٢٣٠٠ عام من الفلسفة، و١٠٠ عام من المنطق الرياضي، و٥٠ عاماً من الذكاء المحوسب...»

(ليوناردو بيرلوفسكي، ٢٠٠١).

مقدمة

يهدف هذا المدخل إلى بناء تصوّر أولي وعام للخطاطة المعرفية التي ترتكز عليها منظومة كلٍّ من الذكاء المحوسب والحوسبة الذكية التي تستوطن في دائرة علوم الذكاء الاصطناعي.

بصورة عامة، يتألف الذكاء الاصطناعي من مجموعة متنوعة من الطرق، والأدوات، والنظم المحوسبة التي تستخدم للتعامل مع مجموعة من المسائل التي يفرزها الواقع، لبلوغ مستوى مقبول من المعالجات الذكية التي تقارب في أدائها بعض ما يمارسه الذكاء البشري عند التعامل معها.

كانت الخطاطة المعرفية للذكاء الصناعي في بداياتها محدودة النطاق، توجه اهتمامها نحو حزمة من المعالجات الرمزية لمسائل محددة تقع في دوائر يسودها النظام الميكانيكي، الذي أحكمت عملية صوغ الوصف الرياضي والمنطقي لما يسوده من عمليات. ثم توسعت دائرة اهتماماته نتيجة التقدم الكبير الذي حققته الخطاطة ذاتها وأدواتها، التي نجحت في احتواء كثير من حقول المعرفة وأنساقها المفاهيمية في دائرة السلطة الغاشمة للمعالجات الرياضية/ المنطقية المحوسبة.

لقد اتسعت رقعة العلوم الملتحقة بنسق الذكاء الاصطناعي لتشمل الخطاب المعرفي الإنساني بكل تجلياته، وانشغلَت باقتراح وممارسة مجموعة متنوعة من الآليات المبتكرة لترسيخ حضور تطبيقات الذكاء الاصطناعي وضمان سريان خطاطته المعرفية في ميادين عدة؛ فلم تعد مقصورة على الآلات الذكية، والحسابات الهندسية المعقدة[1]. فبرزت آليات وخطاطات معرفية جديدة، مثل: الشبكات العصبونية، والمنطق المضبب، والخوارزميات الجينية، والنظم الخبيرة، والتنقيب المعلوماتي، والشبكات الدلالية؛ لكي

(١) غسان مراد، **الإنسانيات الرقمية: وتساؤلات في ثقافة التكنولوجيا** (بيروت: شركة المطبوعات للتوزيع والنشر، ٢٠١٣).

تواكب حاجات الميادين الجديدة بتطبيقات أكثر ذكاءً، وقدرة على التعامل مع عناصر منظوماتها المعرفية.

ومع أن المتخصصين بالحوسبة الذكية وتطبيقاتها الواسعة قد تعرضوا لمعالجة هذا الحقل بلغة رياضية ومنطقية تتسم بتعقيد بالغ، فقد بذلت ما في وسعي لتبسيط العبارات المعقدة السائدة في معجمها اللغوي، المشحونة بالرموز الرياضية المعقدة، فجعلتها أكثر قرباً من لغة المعالجات المنطقية المفاهيمية التي تسود في الدراسات المعاصرة للخطاب الإسلامي بكل تجلياته المعرفية. وحاولت، في الوقت ذاته، أن أتدرج في معالجة المفاهيم والمبادئ خطوة فخطوة، بحيث تزداد ألفة الباحث والقارئ العادي مع النص تدريجياً ليتعمق فهمه بهذه الآليات الفريدة.

أولاً: تعريف الذكاء الاصطناعي

لقد أطلق الجنس البشري على نفسه الاصطلاح العلمي «Homo Sapiens» الذي يعني الكائن العاقل الواعي، لأن قدرتنا العقلية التي منحنا إياها البارئ عزّ وجل تمثل إحدى الخصائص الفريدة والمميزة التي تميزنا من بقية المخلوقات بقدرتنا الواعية على إدارة دفة الحياة، وتسخير الطبيعة، بعد أن أنعم الله تعالى علينا بمهمة الاستخلاف.

وقد شهد القرن العشرون ولادة ميدان علمي جديد أطلق عليه «الذكاء الاصطناعي» (Artificial Intelligence) الذي يسعى إلى فهم ماهية الذكاء البشري لغرض تسخيره على أرض الواقع في إنشاء كيانات وأدوات ذكية تسهم في إدارة دفة الحياة المعاصرة التي غلب على مادتها عنصر التعقيد بشكل لافت للانتباه[٢].

ويعدّ هذا النهج المبتكر من فروع المعرفة الجديدة التي أبصرت النور في العقد السادس من القرن العشرين (بالتحديد في عام ١٩٥٦). ولقد مر هذا الحقل الجديد بنمو متسارع، فتعددت شعبه، وتلاحم نسيج مادته مع كثير من العلوم المعاصرة، بعد أن بسطت تقنيات المعلومات سلطتها على الآليات الرياضية عند استحداث الحواسيب ذات القدرة الفائقة على المعالجات الرياضية والمنطقية بشتى مستوياتها[٣].

(٢) Stuart Russell and Peter Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 2nd ed. (New York: Prentice Hall, 2003).

(٣) Amit Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain, Volume 1* (Washington, DC: CRC Press, 1999).

لقد طُرحت الكثير من التعريفات الاصطلاحية للذكاء الاصطناعي، وبرز كل منها من تربة رعت بذرته مدرسة أو تيار من التيارات الفلسفية والعلمية. وقد نحت التعريفات نحو الميدان التطبيقي الذي ترعرع المفهوم فيه، فعانى بعضها قصوراً في المعالجة، أو تحديد مساحة الحدود الاصطلاحية بمحور دون آخر. ولكي يتجلى أمامنا جزء من مشهد التعريفات المقترحة حاولنا أن نلتقط أكثر التعريفات الاصطلاحية الشائعة للذكاء الاصطناعي، لكي نظفر ـ عند مناقشتها ـ بفهم أكثر عمقاً لحدود هذا الميدان العلمي الجديد[٤].

بيد أن ادعاء الاستقصاء في هذا المجال، بعيد المنال، لتشعب مسالك تطبيقات الذكاء الاصطناعي، والتصاق مادة كل تعريف بشرنقة المسألة التي عولجت بواسطة أدواته، كما أن كل شرنقة لا تعدو عن كونها واحدة من حلقات تاريخانية حضور هذا العلم، ولحظة من لحظات وعينا المصاحب لجدل صيرورته.

وهكذا إذا أردنا أن نقدم تعريفاً للذكاء الاصطناعي بمجرد الإشارة إليه، كما نشير إلى المسائل العلمية الشائعة، يمكننا القول مع القائل إنه:

- فن صناعة حواسيب تقوم بإنجاز مهام ذكية[٥].
- نمط برمجي تتعامل بواسطته النظم البرمجية مع البيانات وفق قواعد لغرض تنفيذ أهداف محددة[٦].
- نشاط يهدف إلى تزويد آلات مثل الحواسيب، القدرة على إظهار سلوك يمكن أن يعد ذكياً متى تمت معاينته بواسطة إنسان مدرك[٧].
- برنامج حاسوبي يوظف المعرفة الخبيرة لبلوغ مستوى عالٍ من الأداء في ميدان يشمل مسألة محددة[٨].
- فرع من فروع علم الحاسوب يُعنى بعملية ميكنة السلوك الذكي[٩].

---

(٤) Russell and Norvig, Ibid.

(٥) M. Mitchell Waldrop, *Man-Made Minds: The Promise of Artificial Intelligenc* (New York: Walker and Co., 1987).

(٦) William A. Taylor, *What Every Engineer Should Knows About Artificial Intelligence* (Cambridge, MA: MIT Press, 1988).

(٧) Raymond McLeod, Jr. and George Schell, *Management Information Systems* (Chicago, IL: Science Research Associates, 1979).

(٨) Donald A. Waterman, *A Guide to Expert Systems*, Teknowledge Series in Knowledge Engineering (Reading, MA: Addison-Wisely, 1986).

(٩) George F. Luger and William A. Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, 3rd ed. (New York: Addison Wisely Longman Inc., 1999).

لا شك في أن الذي ينظر ويتمعن في التعريفات التي وضعها المتخصصون إزاء اصطلاح الذكاء الاصطناعي، يجد أنها وضعت خلال بعد زمني امتد منذ بداية بزوغ هذا العلم الجديد، وأن حدودها الاصطلاحية قد تمددت، وتوسعت، في الوقت ذاته، مساحة معالجاتها، بعد تحقيق هذا العلم لنجاحات متعددة، وولوجه في ميادين متشعبة. ولكي لا نضيع في زحمة الخطاب الاصطلاحي، فنقلِّص مساحة حضور المصطلح، أو نوسع دائرته إلى نطاق لا يحتمله، سيكون لزاماً علينا معالجة المسألة بلغة علمية بسيطة يوجهها منطق علمي سليم.

وإذا تناولنا اصطلاح «الذكاء» (Intelligence) بمفرده، سنجد أنه اصطلاح استعير من قواميس اللغة لوصف القدرة الفاعلة لدى المرء على التعلّم، والتفاعل المتكيف مع الواقع، لصناعة قرارات صائبة، والتواصل مع الغير بخطاب يمتلك بعداً معرفياً، يتسم بالحرفية، بحيث يكون أكثر قرباً من الفهم[١٠].

أما إذا ربطنا مفهوم الذكاء مع صفة «الاصطناع والمصطنع» (Intelligence + Artificial) فستشخص أمامنا هوية جديدة لنشاط نسعى من خلال أنموذجه المفاهيمي، وأدواته، إلى ممارسة نشاط يتسم بميزة تحاكي النشاط العقلاني لدى الكائن البشري، بحيث نحقق ارتقاءً في أداء النظام المحوسب، على التوازي مع تعزيز فهمنا بماهية الآليات التي تسود العقل البشري.

ولكي نتلمس جوهر هذه المسألة سنحاول بلوغ تخوم مملكة الذكاء الاصطناعي الحقيقية من خلال سبر الأهداف التي تروم آلياته وأدواته بلوغها، والتي تشمل **أربعة أهداف** جوهرية[١١]:

الهدف الأول، إنشاء أنظمة تمتلك القدرة على سلوك يحاكي سلوك البشر.

الهدف الثاني، إنشاء أنظمة قادرة على ممارسة عمليات الاستدلال العقلي الموجِّه لآلية التفكير فيها.

الهدف الثالث، إنشاء أنظمة تسلك سلوكاً مشابهاً لسلوك البشر.

الهدف الرابع، إنشاء أنظمة تمتلك القدرة على توجيه دفة سلوكها بصورة عقلانية.

(١٠) Nikola K. Kasabov, *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*, Computational Intelligence, 2nd ed. (London: The MIT Press, 1996).

(١١) Russell and Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach.*

لقد أفلح العاملون بهذا المضمار في صوغ **أربع خصائص** تناظر الأهداف الأربعة لترسيخ المفاهيم وترجمتها إلى تطبيقات راسخة على أرض الواقع، وتشمل هذه الخصائص:

الخاصية الأولى، محاكاة السلوك البشري: تعد المعايير التي يرتكز عليها «اختبار العالم البريطاني تورينغ» (Turing Test) مؤشرات حاسمة في بيان حدود سمة الذكاء[١٢]. لقد عرّف تورينغ السلوك الذكي بوصفه معياراً للقابلية على أداء فعل يرقى إلى مستوى الأداء البشري في جميع مراتب المهام الإدراكية[١٣].

وفي ضوء الفرضية المطروحة في اختبار تورينغ، فإن الحاسوب سوف يمر بمرحلة استجواب يمارسها خبير مع الحاسوب عبر وسط للتخاطب البيني. وسيعد الاختبار ناجحاً متى لم يفلح «المستجوب» (Interrogator) في تحديد هوية المخاطب سواء كان الذي يقبع على الجهة الثانية حاسوباً أصمَّ أم إنساناً واعياً. وتتطلب عملية برمجة الحاسوب وتهيئته لدخول هذا الاختبار العسير من العمليات الصعبة، وتتطلب جهداً مضنياً. وتكمن الصعوبة في المتطلبات التقنية العالية التي ستفرض علينا توفير بيئة برمجية مناسبة للحاسوب بحيث تجعله يمتلك زمام القدرات الآتية[١٤]:

- القدرة على معالجة «اللغة الطبيعية» (Natural Language) بحيث يستطيع التواصل وإدامة التخاطب باللغة العربية أو الإنكليزية، على سبيل المثال.
- القدرة على وصف المعرفة ومعالجتها بالشكل الذي يتيح له فرصة مناسبة لخزن سيل المعلومات المتدفقة أثناء وبعد عملية الاستجواب.
- القدرة على الاستنتاج المميكن لغرض استخدام المعلومات المختزنة في الإجابة عن الأسئلة المطروحة، والتوصل إلى استنتاجات جديدة.

---

(١٢) Luger and Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving.*

(١٣) **البنية التركيبية لاختبار تورينغ**
تتألف البنية التركيبية من الفقرات الآتية:
ـ يستطيع المستجوب أن يطرح سؤالاً على وحدتين معرفيتين (A, B) (بصرف النظر عن هويتهما سواء كانت طبيعية أو اصطناعية) بواسطة حاسوب طرفي.
ـ يدّعي كل من (A, B) بأنه يمتلك قدرات ذكية (بشرية).
ـ إذا لم يفلح المستجوب بالتمييز (بصورة موضوعية) بين الإنسان والحاسوب (نتيجة للمقاربة الكبيرة في إجاباتهما عن الأسئلة المطروحة) آنذاك يكون الحاسوب قد امتلك خاصية الذكاء الاصطناعي.

(١٤) Russell and Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach.*

• القدرة على التعلّم الآلي لضمان القدرة على تبني الحالات الجديدة والتكيف معها، وتتبع الأنماط المطروحة واستقراءها.

لقد بذل العاملون في ميدان الذكاء الاصطناعي جهوداً جبارة لكي تجتاز منتجاتهم الذكية اختبار تورينغ، بعد أن وضعوا نصب أعينهم ضرورة أن تسلك برمجياتهم سلوكاً يشابه إلى حد كبير سلوك الكائن البشري بتوظيف اللغة الطبيعية في الخطاب، واستثمار الخبرة في صناعة القرارات، وحل المسائل (انظر الجدول الرقم (١ ـ ١)).

الجدول الرقم (١ ـ ١)

القدرات المطلوبة لضمان اجتياز اختبار تورينغ

القدرات	الغاية
معالجة اللغة الطبيعية	ضمان التواصل مع العالم الخارجي
وصف المعرفة	الاحتفاظ بالخطاطات المعرفية وتوفير فرص لاستخدامها لاحقاً
الاستدلال المميكن	استنباط استنتاجات وصناعة أحكام جديدة
تعلّم الآلة	التكيّف مع السلوك المطلوب

الخاصية الثانية، التفكير وفق أنموذج الإدراك البشري: لكي نقيّم قدرة برنامج من البرامج الذكية على توظيف القدرات العقلية البشرية في تنفيذ سلسلة إيعازاته البرمجية، ينبغي أن نكون قادرين على تحديد سمات التفكير والمقايسة العقلية التي تسود ساحة فكرنا. وبناء على هذا الأمر تشخص أمامنا وسيلتان لتحقيق ذلك: **الأولى، عبر** «استبطان» (Introspection) أفكارنا؛ **والثانية،** من خلال استثمار التجارب النفسية التي يتم إجراؤها لدراسة ماهية الفكر البشري وآلياته.

وعلى هذا الأساس، متى توافرت لدينا معرفة كافية، ودقيقة، عن الآليات السائدة في العقل البشري، والأنماط العقلية التي تسود فيه، سنكون حينئذ قادرين على وصف النظرية العلمية بوصفها برنامجاً يتألف من سلسلة إيعازات منطقية. ومتى حصلنا على تطابق بين مدخلات البرنامج ومخرجاته، وتوقيت سلوك البرنامج مع السلوك البشري المناظِر له، كان ذلك شاهداً على مناظرة آلية المقايسة العقلانية البرمجية مع ممارسة آلة الفكر البشري.

ولا يزال العاملون في ميدان دراسة آلية «الإدراك العقلي» (Cognitive Science) يقترحون مجموعة متنوعة من النماذج المحوسبة بغرض الوصول إلى وصف دقيق لآلية عمل العقل البشري، بحيث تصلح كأساس للمقارنة بالآليات السائدة في البيئة الذكية المحوسبة.

الخاصية الثالثة، ممارسة التفكير عبر توظيف قوانين الفكر البشري: يعدّ الفيلسوف اليوناني الشهير أرسطوطاليس أول من حاول جمع قوانين الفكر ووصف الآليات التي تضمن عدم انحرافها. وقد وفّر القياس العقلي الأرسطي مجموعة من الأنماط الدقيقة، الواجب اتّباعها، عند إنشاء مقدمات منطقية يمكن أن تنتج استنتاجات سليمة. ولعل في المثال الذي يستخدمه معظم المناطقة للتدليل على ذلك شاهداً على الآلية العقلية، التي تبناها هذا الفيلسوف الشهير في بناء نسقه العقلاني، الذي لا يزال مقيماً في كثير من الأنماط العقلية السائدة في الأنساق العقلية لعلومنا حتى هذا التاريخ.

سقراط كائن بشري.

كل البشر فانون.

إذن سقراط فانٍ.

لقد اقترح أرسطوطاليس مجموعة من قوانين الفكر لوصف عمليات المقايسة العقلية السائدة في الذهن البشري، فأضحت مدخلاً خصباً إلى المنطق الصوري بشتى تجلياته الفلسفية. ولقد ساهم مناطقة القرنين التاسع عشر والعشرين في صوغ قواعد صارمة لبناء المقايسات المنطقية الصادقة، ووصف العلاقات المقيمة بين الكيانات المقيمة في العالم.

ومنذ نهاية العقد السادس من القرن الماضي، برزت مجموعة كبيرة من البرمجيات التي تمتلك القدرة على وصف المسألة بعبارات منطقية، مع قابليتها على إيجاد الحل المناسب لها. ويشخص أمام هذا النمط من البرمجيات عقبتان: **الأولى**، تكمن في صعوبة التعامل مع المنطق الصوري، وعباراته بالغة التعقيد، وبالخصوص عندما يشوب عنصر اللايقين المادة التي نحاول وصفها بواسطة أنموذج المنطق الصوري الذي يعد مادته يقينية بصورة مطلقة؛ و**الثانية**، تنشأ من وجود تباين كبير بين القدرة على حل مسألة من المسائل وفق المنظور النظري الصرف، وطبيعة ما يتطلبه الحل على أرض الواقع من موارد محوسبة قد تستنزف القدرات التي توفرها الآلات الذكية ما لم نوفر لها قدرات

استدلال عقلي تقلل حجم المقايسات التقليدية المطلوبة[١٥]. (انظر الجدول الرقم (١ ـ ٢)).

الجدول الرقم (١ ـ ٢)

مقارنة بين برامج الحوسبة الذكية والبرامج التقليدية للحاسوب

برامج الحوسبة الذكية	البرمجة التقليدية للحاسوب
يعتمد أسلوب الوصف الرمزي.	تعتمد استخدام الخوارزميات.
يوظف آلية البحث الموجّه.	توظف الآليات العددية.
تكون بنية التحكم الخاصة بأنموذج الذكاء مستقلة عن القواعد المعرفية.	تتكامل مركبتي التحكم والبيانات في ما بينها لضمان عمل البرنامج.
يمكن تعديل هيكلته، وتحديثها، وتوسيعها بسهولة.	من الصعوبة إجراء تعديل على البرنامج.
تكون الإجابات الموضوعية مقبولة، حتى لو تدنت معايير دقتها.	ضرورة وجود دقة عالية في النتائج المستحصلة.

الخاصية الرابعة، ممارسة سلوك عقلاني: إن السلوك العقلاني يتجلى من خلال سعي صاحبه إلى تحقيق الأهداف المرسومة، بحيث تتوافق مع قناعاته المحددة. وفي ضوء هذه العبارة يصبح هدف الذكاء الاصطناعي متوجهاً صوب دراسة وإنشاء أدوات اصطناعية[١٦] تتسم بسلوك عقلاني.

وفي ضوء المرتكزات التي يستند إليها منهج الذكاء الاصطناعي، فإن عملية الاستدلال تعد العامل الحاسم في وصف السلوك العقلاني. لذا لكي يكون الاستدلال صحيحاً ينبغي أن ينشأ في أرضية عقلانية تسترشد بمنطق سليم، لتحقيق الأهداف التي يصبو إليها، ومن ثم ممارسة السلوك المطلوب على أرض الواقع.

إن معالجة موضوع الذكاء الاصطناعي، بوصفه آلية لتصميم وإنشاء أدوات ذات سلوك ذكي، ستحمل معها فائدتين: **الأولى**، تأسيس مبدأ أكثر شمولاً من منهج قوانين

---

(١٥) المصدر نفسه.

(١٦) تعرّف الأدوات أو العلاء الأذكياء بأنها كيانات اصطناعية تمتلك القدرة على الإدراك وانجاز فعل يسترشد به.

الفكر عبر تأكيد حقيقة أن الاستدلال الصائب لا يعدو عن كونه آلية مفيدة تنجز مهاماً تتسم بأرضية عقلانية؛ **والثانية،** أن هذا التيار يمكن أن يعدّ أكثر ملاءمة للتطور العلمي بالمقارنة بالمناهج التي ترتكز على فكر الإنسان وسلوكه.

ويعزى ذلك إلى غياب المعايير التي تحدد المعالم الواضحة للفكر والسلوك البشري بينما تتسم معايير العقلانية بجلائها ووضوح الكثير من حدودها الاصطلاحية(١٧).

إن معالجة موضوع الذكاء الاصطناعي تصبّ في الأصناف الأربعة التالية:

التفكير بنمط عقلاني.

التفكير بنسق استدلالي.

السلوك بطريقة تناظر السلوك البشري.

السلوك بصورة عقلانية.

ويمكن بلوغ مرحلة التفكير العقلاني عندما نسترشد بمفردات «علم الإدراك» (Cognitive Science) من خلال ما يأتي:

- محاولة إنشاء وصوغ نظريات تعالج كيفية عمل الذهن البشري.

- استخدام النماذج المحوسبة المستنبطة من ميدان الذكاء الاصطناعي، والتقنيات التجريبية في علم النفس.

- عدم اقتصار التركيز على السلوك، والمدخلات والمخرجات فحسب، وذلك من خلال زيادة الاهتمام بعملية الاستدلال العقلي.

- ينبغي أن توفر النماذج المحوسبة إجابات حاسمة عن كيفية الحصول على النتائج، وتبريرها.

- يجب أن لا يقتصر الهدف على إنتاج سلوك يقارب السلوك البشري، ولكن هناك ضرورة ماسّة لتوليد تعاقب من مراحل عمليات الاستدلال العقلي، بحيث تقارب إلى حد كبير الخطوات التي يمارسها الإنسان عندما يباشر حل مسألة مقاربة.

أما التفكير بنسق استدلالي فيتم عن طريق مراجعة قوانين الفكر وآلياته من خلال:

---

(١٧) المصدر نفسه.

• توظيف المنطق الرياضي كأداة تستخدم أسلوب التدوين بالعلامات، وإنتاج سلسلة من القواعد.

• ينبغي ترجمة المسائل المطروحة، وتحويل الخزين المعرفي إلى أوصاف صورية، يسهل التعامل معها بواسطة النماذج الرياضية، والمنطق الصوري على حد سواء.

• يستخدم النظام آلية الاستدلال المجرد لاستنباط الحلول المطلوبة للمسائل المطروحة.

• الاقتناع بوجود فجوة بين حل المسألة بواسطة الأنساق التجريدية الصرفة، ومتطلبات حلها على أرض الواقع الميداني.

• التسليم بوجود اختلاف في مراتبية الحلول المطروحة في ضوء مستوى الدقة المطلوبة، وآلية حوسبة البيانات، وحجم التعقيد السائد في الأنموذج المستخدم بمعالجة المسألة.

ويأتي سلوك الماكنة الذي يناظر السلوك البشري، بعد ثبوت صلاحيته باجتياز اختبار تورينغ، عبر ما يأتي:

• اجتياز الاختبار الإجرائي للسلوك الذكي بواسطة «لعبة المحاكاة» (Imitation Game).

• تجاوز جلّ المسائل المطروحة ضد موضوع الذكاء الاصطناعي.

• توفير كثير من مركبات السلوك البشري مثل: المعرفة، والاستدلال العقلي، وفهم مفردات اللغة، والقدرة على التعلّم.

وتبرز في النهاية أمامنا مسألة السلوك العقلاني الذي يتجلى من خلال:

• تجلي السلوك العقلاني عند ممارسة الفعل المناسب في الوقت المناسب.

• إنجاز الأفعال التي يتوقع منها زيادة القدرة على تحقيق الأهداف المنشودة من الفعل.

• أن يكون التفكير أداة ناجعة لخدمة وتوجيه الفعل العقلاني السليم.

خلاصة القول، في هذا المقام، هي أن أكثر التعريفات قبولًا للذكاء الاصطناعي (على صعيد ممارسة السلوك العقلاني) الذي يعدّه عبارة عن «محاكاة» (Simulation) للذكاء البشري بواسطة آلة، لغرض جعلها قادرة على تمييز، وتوظيف، جزء أو مجموعة

أجزاء من المعرفة، في مرحلة محددة من مراحل حل مسألة من المسائل القائمة. أما حقل هذا العلم فهو عبارة عن معالجة موضوعية، تعنى بتشكيل «نماذج محوسبة» (Computational Models) وتمتلك القدرة على التفكير، والسلوك بصورة عقلانية[١٨].

١ ـ نماذج محاكاة الذكاء البشري

لما كان الذكاء الاصطناعي علماً يُعنى بتوظيف آليات وأدوات تسعى إلى محاكاة الذكاء البشري داخل حدود بيئة اصطناعية رقمية أو غير رقمية، لمنح الآلة القدرة على التمييز واستخدام الموارد المعرفية بحسب ما تفرضه كل مرحلة من مراحل النشاط الذي تمارسه الآلة في البيئة التي تستوطن فيها[١٩].

من أجل هذا يمكن القول إن النظام الذي يمتلك القدرة على التخطيط وتنفيذ المهمة المناسبة في الوقت الملائم هو نظام يمتلك مقومات عقلانية ويتسم بسلوك ذكي. ولكي نحاكي الذكاء البشري يشخص أمامنا نموذجان يوفران لنا الفرصة على بلوغ مثل هذا النمط من القدرات:

الأنموذج الأول: «الخطاطة الرمزية» (Symbolic Paradigm).

الأنموذج الثاني: «الخطاطة تحت الرمزية» (Sub-symbolic Paradigm).

وترتكز الخطاطة الأولى على مبدأ على المعالجة الرمزية لعناصر المسائل التي يتعامل معها، حيث تتألف منظومة المعالجة الرمزية من مجموعتين[٢٠]:

الأولى، تتألف مادتها من مجموعة عناصر أو رموز يمكن استخدامها لإنشاء هيكلة رمزية معقدة تلمّ هذه العناصر في أنموذج يتصف بشمولية تجعلها صالحة للاستخدام في مستويات متعددة من معالجات السلوك الذكي.

الثانية: مجموعة من العمليات التي تحكمها حزمة من القواعد التي متى وظفت هيكلتها المنطقية على الرموز والنماذج الرياضية يمكن أن تدعمنا في إنشاء بنى جديدة قابلة للاستخدام في صناعة قرار، أو ممارسة فعل يتسم بالذكاء.

---

(١٨) Luger and Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*.

(١٩) Amit Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain* (Florida: CRC Press, 1999).

(٢٠) Kasabov, *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*.

بصورة عامة، تمثل الرموز التي تسود في بيئة الخطاطة الرمزية مجموعة من الكيانات المعلوماتية والمبادئ، ويلعب المنطق الافتراضي، و«منطق المحمولات» (Predicate Logic)، وأنماط منطقية أخرى، دوراً فاعلاً، في إدارة المعالجات الرياضية والمنطقية السائدة في هذه البيئة الذكية.

وتُستخدم هذه الخطاطة في ميادين معالجة اللغة الطبيعية، والنظم الخبيرة، وتعلّم الماكنة، وإنشاء نماذج لوصف عمليات الإدراك (Cognitive Processes). ولعل من أهم العقبات التي تشخص أمام تطبيق هذه الآلية (في ميادين محاكاة الذكاء البشري) تلك التي تكمن في المساحات التي تغيب عنها سمات الدقة والوضوح، وكذلك عند عدم توافر كمٍّ كافٍ من البيانات التي ينبغي أن يعالجها الأنموذج الرياضي لإنتاج سلوك ذكي.

بالمقابل، تزعم الخطاطة تحت الرمزية أن الذكاء لا يتجاوز كونه سلوكاً يمارس عند مستوى يقع تحت المستوى الرمزي، ويستقر فوق المستوى العصبوني الذي يسود خلايا الدماغ. وتمارس عملية المعالجة المعرفية من خلال تغيير الحالات السائدة في كيان الشبكات العصبونية التي تتألف مادتها من عناصر دقيقة يطلق عليها اصطلاح «العصبون» (Neuron)، الذي يناظر وظيفياً العصبون الحقيقي الموجود في نسيج الدماغ.

ويتم تمثيل العصبون أو مجاميع العصبونات لوصف سمة محددة من السمات الوصفية لكائن ما، أو مبدأ من المبادئ التي يراد تمثيلها في أنموذج الذكاء المحوسب. وبناء على ذلك يمكن تشكيل نسق عصبوني محدد، لتوليد منظومة ذكية، تحاكي في أدائها ـ إلى حد كبير ـ طبيعة المهام التي نروم تحقيقها على أرض الواقع.

٢ ـ الفروع المعرفية للذكاء الاصطناعي

ينهل تيار الذكاء الاصطناعي مادته الخصبة من أكثر من مورد، وبالمقابل هناك أكثر من رافد على أرض الواقع ينهل مادته من الأرضية الخصبة للمعرفة السائدة في حقل الذكاء الاصطناعي.

بصورة عامة، تتألف الموارد التي يستمد الذكاء الاصطناعي مادته منها من العلوم التي أودعناها في الجدول الرقم (١ ـ ٣)، حيث حرصنا على بيان ماهية الارتباطات المقيمة بين هذه الحقول المعرفية المتنوعة وعلم الذكاء الاصطناعي.

الجدول الرقم (١ ـ ٣)

ماهية ارتباطات الحقول المعرفية بعلم الذكاء الاصطناعي

الحقل	طبيعة الصلات المشتركة
الفلسفة	• هل تصلح القواعد الصورية كأداة للوصول إلى استنتاجات دقيقة؟ (القياس الأرسطوطاليسي). • كيف ينشأ السلوك العقلي من الدماغ الفيزيائي؟ • من أين تأتي المعرفة؟ كيف تنير المعرفة الطريق أمام الفعل المناسب؟
الرياضيات	• هل تصلح القواعد الصورية كأداة للوصول إلى استنتاجات دقيقة (المنطق البولياني، وعلم الدلالة)؟ • ما هي طبيعة الماهيات الرياضية القابلة للحوسبة؟ (الخوارزميات، فرضيات عدم التكامل). كيف يمكن الاستدلال من البيانات غير القطعية؟ (نظرية الاحتمالات).
الاقتصاد	• كيف نصنع قرارات تضمن الحد الأمثل من المدفوعات؟ (نظرية صنع القرار، نظرية المنفعة). • كيف نستطيع الاستمرار بذلك عندما لا تتوافر خيارات مقاربة؟ (نظرية اللعب). • كيف نستطيع أن نحقق ذلك عندما تكون المدفوعات في المستقبل البعيد؟ (عمليات ماركوف لصنع القرارات).
العلوم العصبية	كيف يمارس العقل البشري عمليات معالجة المعلومات؟ (العصبونات، والخرائط العقلية).
علم النفس	كيف يفكر بنو البشر والحيوانات، وكيف يباشرون أنشطتهم؟ (العلوم السلوكية، وعلم الإدراك النفسي).
هندسة الحاسوب	• كيف نستطيع بناء حاسوب ذو كفاءة عالية؟ • كيف نستطيع أن نحاكي السلوك العقلي البشري؟
نظرية التحكم وعلم السبرنتيكا	كيف تستطيع الأدوات الذكية الاصطناعية أن تتحكم بأدائها ذاتياً؟ (نظرية التحكم والسيطرة، والدالة الموضوعية).
علم اللغويات	طبيعة الصلات القائمة بين اللغة والفكر؟ (اللغويات المحوسبة).

٣ ـ الأطر العامة لحل المسائل بواسطة الذكاء الاصطناعي

لكي نخطو الخطوة الثانية باتجاه تعميق فهمنا بالذكاء الاصطناعي، ستبرز أمامنا مسألة الأطر العامة للآليات المستخدمة في حل المسائل في هذا الميدان، والتي تعد مفتاحاً مهماً لفهم الكثير من الجوانب المهمة ذات الصلة بالآليات التي تسود فيه، عند التعامل مع الإشكاليات والمسائل التي يطرحها الواقع.

بداية، يطلق اصطلاح «الحالة» (State) على المسائل التي تعالج بواسطة آليات الذكاء الاصطناعي. وتصف الحالة وضع المسألة في مرحلة محددة من المراحل الإجرائية التي تمارس في البيئة الذكية لحل مسألة بعينها[٢١]. وعلى هذا الأساس فإن حل المسألة سيكون عبارة عن مجموعة من الحالات التي تمر بها المسألة ذاتها. وتعمد الطريقة الإجرائية المستخدمة لحل المسألة إلى تطبيق عامل على حالة محددة للوصول إلى الحالة التي تليها. وتستمر عملية تطبيق عامل، أو مجموعة عوامل، على الحالة وتحوّلاتها اللاحقة باتجاه الحالة التي تليها، وإلى حين بلوغ الهدف المنشود. ويطلق على هذا الأسلوب في حل المسائل اصطلاح منهج «فضاء الحالة» (State Space Approach).

وتتوفر أكثر من «خوارزمية بحث» (Search Algorithm) يصار إلى توظيفها بمضمار البحث عن حل مقبول للمسائل من خلال ممارسة سلسلة من الآليات الذكية، سنتناول أهمها خلال الفقرات الآتية.

أ ـ نهج التوليد والاختبار (Generate and Test Approach)

يهتم هذا النهج بتوليد «فضاء الحالة» من حالة شروع معروفة (الأصل) للمسألة. ويستمر في توسيع فضاء دائرة الاستنتاج إلى حين الوصول إلى العقدة الهدف، أو بلوغ «حالتها النهائية» (Terminal State).

ويتم عند عملية توليد كل حالة من حالات حل المسألة، ومقارنة «العقدة المتولدة» (Generated Node) مع حالة الهدف المعروفة لدينا. وعندما يتم العثور على الهدف، تتوقف الخوارزمية عن التنفيذ. أما في حالة وجود مسارات متعددة تؤدي إلى الهدف ذاته، فإن أقصر مسار باتجاه الهدف المنشود يعدّ المسار الأفضل باتجاه بلوغ الحل النهائي للمسألة.

---

(٢١) Konar, Ibid.

ب ـ نهج تسلّق التلّ

يعتمد نهج «تسلّق التلّ» (Hill Climbing Approach) مبدأ توليد حالة شروع ابتدائية، ثم مباشرة قياس الكلفة الكلية اللازمة للوصول إلى الهدف من نقطة الشروع ذاتها. ويتم ذلك من طريق توظيف الدالة $f(x)$ التي توفر فرصة لقياس مسافة الهدف من العقدة المنتخبة x.

وبعد احتساب قيمة الدالة $f(x)$ عند النقاط الابتدائية المحتملة x، يتم فرز العقد بطريقة «تصاعدية» (Ascending) في ضوء قيمة الدالة، ثم تودع في مجموعة تصاعدية بضوء قيمة f. وعلى هذا الأساس ستكون القيمة الأولى في المجموعة هي القيمة الدنيا للمتغير f. وبعد هذا تتم مقارنتها مع قيمة الهدف المطلوب، فإذا كانت القيمة الأولى غير مساوية للهدف، يتم توسيع قيمة f وتحتسب قيمة أبنائها. وتعاد عملية ترتيبها تصاعدياً في ضوء قيم الدالة، ثم تودع ثانية في مجموعة جديدة. فإذا كانت القيمة العليا للمجموعة مساوية للهدف، ينتهي دور الخوارزمية المحوسبة. وبعكسه تستمر العملية إلى حين تفريغ عناصر المجموعة[٢٢].

وتكمن العقبة الرئيسة أمام الاستراتيجيات الذكية المستخدمة في هذا النهج في ميلها إلى الالتصاق بقيمة «عليا موضعية» (Local Maxima). فإذا تم التوصل إلى حالة أفضل من جميع أبنائها، عند ذلك تتوقف الخوارزمية. وإذا كانت هذه القيمة لا تمثل الهدف المنشود، ولا تزيد على كونها قيمة عليا موضعية، فتكون هذه الخوارزمية قد فشلت في تحقيق غايتها في الوصول إلى الهدف المنشود.

بالمقابل، يمكن لهذا المنهج أن يستخدم (بصورة فاعلة) عندما يكون محتوى دالة التقييم كافياً إلى الحد الذي يصف تغيراتها، بحيث يمكن تجاوز عقبة القيمة العليا الموضعية، والمسارات غير المتناهية[٢٣].

ج ـ نهج البحث الموجّه

يعرّف «البحث الموجّه» (Heuristic Search) بأنه عبارة عن دراسة نهج وقواعد الاكتشاف والاختراع[٢٤]. وقد أضحى في ميدان الذكاء الاصطناعي عبارة عن مجموعة

---

(٢٢) المصدر نفسه.

(٢٣) Luger and Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*.

(٢٤) المصدر نفسه.

قواعد لاختيار مجموعة فروع من فضاء البحث (Search Space) تعد الأكثر فرصة بتوجيه البحث صوب حل مقبول للمسألة المطروحة.

بصورة عامة، يعمد العاملون في ميدان الذكاء الاصطناعي إلى توظيف آلية البحث الموجه في حالتين أساسيتين:

الحالة الأولى، عندما لا تمتلك المسألة المطروحة «حلاً دقيقاً» (Exact Solution) نتيجة لوجود غموض في عبارة الحالة، أو قصور في كمية البيانات المتوفرة عنها.

الحالة الثانية، قد تمتلك المسألة حلاً دقيقاً، بَيد أن ارتفاع كلفة الحوسبة المطلوبة لحل هذه المسألة تحول دون اعتماد الآليات التقليدية، وهو ما يحتم ضرورة استبدالها بمنهج البحث الموجّه الذي لا يفرض شروطاً صعبة لممارسة أنشطته داخل حدود فضاء البحث.

ويعاني هذا النهج، شأن بقية قواعد الاكتشاف والاختراع، كونه عرضة للوقوع في الخطأ. ويعود ذلك إلى كون آلية البحث الموجّه لا تزيد على كونها عملية تخمين يرشد نحو الخطوة القادمة الواجب اتخاذها لحل المسألة دون توفير ضمانات أكيدة لبلوغ نقطة الهدف.

وترتكز هذه الآلية في كثير من الأحيان على الخبرة العميقة، أو الحدس البشري. ونظراً إلى كون آلية البحث الموجه تعتمد مبدأ الارتكاز على كمية محدودة من البيانات لمباشرة عملية البحث عن حلول مناسبة للمسألة، فإن قدرتها على توقع السلوك الحقيقي تكاد أن تكون محدودة إلى حد كبير، وقد تؤدي خوارزمية البحث (في بعض الأحيان) إلى الوصول إلى حل مثالي، أو قد تعاني (في أحيان أخرى) مشاكل قد تؤدي إلى فشلها في الظفر بحل مقبول[٢٥].

توظف آلية البحث الموجّه دالتها إلى قياس مطابقة الحالات المرشحة. وكلما كانت عملية اختيار الحالات أكثر موضوعية، ودقة، ومبنية على دراية وخبرة مسبقة بتفاصيل المسألة، قلّ عدد الحالات الوسيطة المطلوبة للوصول إلى الحل. من أجل هذا فإن إحدى العقبات التي تعترض هذه الآلية تكمن في كيفية اختيار دوال البحث المناسبة بحيث نضمن الوصول إلى غايتنا بأقل جهد، وبدقة مقبولة على أرض الواقع[٢٦].

---

(٢٥) المصدر نفسه.

(٢٦) Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*.

د ـ نهج محاكاة التلدين

يرتكز نهج «محاكاة التلدين» (Simulated Annealing) على محاكاة عملية «التلدين» (Annealing) المستخدمة في فرع علم المعادن للحصول على معادن بخصائص فيزيائية جيدة، عندما تبرّد تحت ظروف يتم التحكم في تفاصيلها بدقة. ويسهم التبريد البطيء للمعادن في توفير فرصة مناسبة للذرّات كي تترتب بنسق جزيئي متوازن، ينتج بناء بلورياً أكثر تماسكاً، بحيث تكون البلورات الجديدة ذات كثافة عالية ويستلزم تكوينها طاقة منخفضة[٢٧].

وفي حالة محاكاة التلدين فإن قيمة «الدالة الموضوعية» (Objective Function) التي نريد تقليل قيمتها إلى حدودها الدنيا، تناظر إلى حد كبير عنصر الطاقة في نظام الديناميكا الحرارية. فعند الدرجات الحرارية المرتفعة تسمح محاكاة التلدين بتقييم الدالة عند نقاط متباعدة، مع قبول نقاط جديدة بمستوى طاقة أعلى[٢٨]. أما في الدرجات الحرارية المنخفضة، فتقوم محاكاة التلدين بتقييم الدالة الموضوعية فقط عند النقاط الموضعية ذات الاحتمالية القوية من نقاطها الجديدة المقبولة بمستويات طاقة عالية.

ويبدو واضحاً أن الجزء الأكثر أهمية من محاكاة التلدين هو ما يطلق عليه «التوقيتات اللدائنية» (Annealing Schedules) أو «توقيتات التبريد» (Cooling Schedules)، التي يتحدد من خلالها مدى سرعة انخفاض درجة الحرارة من القيمة العليا إلى القيمة الدنيا. ويرتبط هذا الأمر بطبيعة التطبيق، كما يتطلب محاولات تجريب بأسلوب «المحاولة والخطأ» (Trial and Error).

تعمل الدالة الموضوعية *f(.)* على تطبيق متجه الإدخال (Input Vector)، x، في المدرج (Scalar)، *E*، كما في الصيغة الآتية:

$$E = f(x) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١.١)$$

حيث يعامل المتغير *x* كنقطة ضمن «فضاء الإدخال» (Input Space). ويصبح دور محاكاة التلدين في هذا المقام عبارة عن اختيار فضاء الإدخال بحيث تسهل علينا مهمة انتقاء قيمة x التي تقلل قيمة *E* الى أوطأ قيمة ممكنة، لضمان مقاربة الحل إلى أفضل قيمة ممكنة يمكن أن تتطابق مع متطلبات الحالة على أرض الواقع.

---

(٢٧) S. Kirkpatrik, C. D. Gelatt and M. p. Vecchi, «Optimization by Simulated Annealing,» *Science*, vol. 220, no. 4598 (May 1983), pp. 671-680.

(٢٨) Jayashankar M. Swaminathan, Stephen F. Smith and Norman M. Sadeh, «Modeling the Dynamics of Supply Chain: A Multi Agent Approach,» *Decision Sciences Journal*, vol. 29, no. 3 (1997).

٤ ـ مدارس وتيارات الذكاء الاصطناعي

نظراً إلى لزيادة مساحة أنشطة الذكاء الاصطناعي، فقد تنوعت تفرعات شجرته المعرفية، وبدأت أغصان جديدة بالنمو، والتفرع المثمر على طريق ولادة تيارات جديدة تنتشر تحت مظلته الواسعة، وتوظف خطاطته المعرفية المبتكرة. وسنحاول أن نناقش أهم الحقول المطروحة لدى مدارس وتيارات الذكاء الاصطناعي، التي تشمل ما يلي:

أ ـ نظم التعلّم

تعد مسألة التعلّم من المسائل العويصة التي تقف عقبة أمام محاولات دعم الآلات، والنظم الذكية للتمتع بقدرات ذاتية تدعمها بعملية استثمار الخبرات السابقة في حل مسائل جديدة مشابهة. ولا يخفى أن النظم الذكية مهما أوتيت من قدرات محوسبة، ستبقى قاصرة أمام ما يتمتع به بنو آدم من قدرة على قياس الشبه، وتكرار آلية الحل في المسائل المشابهة، إضافة إلى قدرته على تعميق الخبرات مع زيادة ممارسة حل المسائل المختلفة. ولكن رغم الصعوبات التي تقف عائقاً أمام إعداد برامج ذكية (تمتلك القدرة على التعلّم)، فقد اقترح العاملون في ميدان نظم تعلّم الآلة أكثر من برنامج نجح في تذليل بعض الصعاب التي تشخص أمام هذا الهدف.

ومن البرامج الشهيرة في هذا المضمار برنامج «الرياضي الآلي» (Automated Mathematician) الذي صمم لاكتشاف القوانين الرياضية(٢٩). وعندما يباشر بتجهيز هذا النظام بمبادئ المجموعات، وبديهياتها، فإنه سوف يكون قادراً على استقراء الكثير من المبادئ الرياضية ذات الصلة بنظرية المجموعات. وقد تطورت «نظم التعلّم» (Learning Systems) في هذه الأيام بحيث باتت تشمل أكثر من ميدان تطبيقي من ميادين العلوم المعاصرة.

ب ـ تمثيل المعرفة وآليات الاستدلال (Knowledge Representation and Reasoning)

إن الهدف الذي يكمن وراء أي محاولة لإنشاء تمثيل معرفي محدد، هو ميلنا نحو اقتناص الخصائص الأساسية لحقل معرفي ذي صلة مباشرة بمسألة من المسائل، مع جعل البيانات المتوافرة عنها سهلة التناول بالنسبة إلى الطرق الإجرائية المطلوبة لحل

(٢٩) Luger and Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving.*

المسائل. وينبغي للغة المستخدمة في عملية التمثيل المعرفي، أن تكون قادرة على منح المبرمج قدرات إضافية، تذلل أمامه العقبات التي تشخص أمام عملية وصفها المعرفي.

بصورة عامة، يوجد هناك أكثر من سمة مطلوبة في لغويات الوصف المعرفي الذكي، منها: القدرة على التجريد؛ وقابليتها على التعامل مع آليات الحوسبة بمختلف صورها؛ والشمولية؛ وكذلك توافر الكفاءة الكافية لاستيعاب عملية التمثيل المعرفي لجل مفردات المسألة المطروحة.

ج ـ التخطيط الذكي

يعد مضمار التخطيط الذكي (Intelligent Planning) من الحقول المهمة في ميدان تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وبصورة عامة، يلاحظ بأن مسائل الاستنتاج والتخطيط تتقاسم الكثير من السمات الجوهرية، التي تحدد طبيعة المهام التي تضطلع بها كل منهما. بالمقابل هناك خصائص ذاتية تنشأ عن الحدود الاصطلاحية لكل نشاط يميز التخوم الفاصلة بينهما.

ينصب اهتمام مسألة الاستنتاج على اختبار مدى انطباق الهدف في ضوء مجموعة محددة من البيانات والمعارف[٣٠]. من جهة أخرى فإن مسألة التخطيط تعالج مسألة تحديد هوية النهج الذي يضمن النجاح في تحقيق الهدف المنشود من خلال المعطيات المعرفية الأولية المتوافرة عند نقطة الشروع[٣١].

إن الدور الفاعل الذي تلعبه القدرات التخطيطية الذكية فتح أمام هذا الحقل أكثر من باب مشرع أمام تطبيقات ميدانية مثل: الروبوتات، ومسائل تحديد مسارات الملاحة، وغيرها من التطبيقات الميدانية.

د ـ اكتساب المعرفة

تعد مسألة «اكتساب المعرفة» (Knowledge Acquisition) من المهام العويصة التي تقف عقبة أمام الإنسان، الأمر الذي انعكس على الآلة الذكية التي تنشد محاكاة بعض قدراته العقلية الفريدة.

---

(٣٠) Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*.

(٣١) Edward A. Bender, *Mathematical Methods in Artificial Intelligence* (Los Alamos, CA: Wiley-IEEE Computer Society Press, 1996).

وتتطلب عملية اكتساب المعرفة وجود خزين معرفي تتكون مادته من حقائق موضوعية وسلسلة من القواعد المنطقية التي تغطي مساحة واسعة من مفردات البيئة التي نتعامل معها، لكي يتم استثمارها في توليد مفردات معرفية جديدة، أو تعميق فهمنا بالمفردات المتوفرة لضمان صناعة قرار رشيد.

وتتألف عملية اكتساب المعرفة من جملة فعاليات تنحو باتجاه توليد مفردات معرفية جديدة، من الحصيلة المعرفية المتوافرة، والتي تتضمن: ما يتوافر في قواعد المعرفة؛ أو من خلال البنى الديناميكية للبيانات الخاصة بالمعرفة المتوافرة؛ أو اقتناص المعرفة من البيئة المجاورة؛ أو عمليات تقطير بعض تفاصيل المعرفة المتوافرة في قواعد المعرفة.

ولقد برز خلال العقد الأخير تيار جديد يوظف «اكتساب المعرفة المميكن» (Automated Knowledge Acquisition) عبر نهج تعلّم الآلة كأحد الحقول التي تحظى باهتمام كبير للبحث في ميدان تطبيقات الذكاء الاصطناعي[٣٢].

هـ ـ البحث الذكي

يتناول «البحث الذكي» (Intelligent Search) دراسة مجموعة من الآليات المستخدمة لحل المسائل التي يشيع استخدامها في ميادين علوم الحاسوب، والاقتصاد، والتطبيقات الهندسية التي تتميز بارتكازها على نماذج «قابلة للحساب» (Deterministic).

وترتبط عملية البحث بمسألتين جوهريتين: **الأولى،** تتعلق بهوية ما نريد البحث عنه، ويطلق عليها اصطلاح «المفتاح» (Key)، الذي يرتبط مباشرة بمفتاح عملية البحث؛ أما **الثانية،** فتتعلق بالمساحة التي ستشملها دائرة البحث، التي أطلق عليها اصطلاح «فضاء البحث» (Search Space).

وتعالج مسألة فضاء البحث في ميدان الذكاء الاصطناعي بوصفها مجموعة من الحالات. ومن أجل هذا أضحت تسمية هذا الجزء من عملية البحث «فضاء الحالة» (State Space)[٣٣]. وعلى عكس عمليات البحث في بقية القطاعات التطبيقية، فإن فضاء البحث يتميز بوجود فجوات معرفية بخصوص تحديد تخومه، الأمر الذي ينعكس بوضوح على طبيعة الآليات التي تستخدم لمعالجة هذا الموضوع.

---

(٣٢) Mark Stefik, *Introduction to Knowledge Systems* (San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1995).

(٣٣) Konar, *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain*.

وعليه، فإن تقنية حل المسائل في دائرة البحث الذكي تتطلب اجتياز مرحلتين: **الأولى**، تشمل توليد فضاء الحالات؛ و**الثانية**، تتناول البحث عن الحالة المناظرة للمسألة ضمن فضاء البحث الذي تم تحديده في المرحلة الأولى. ونتيجة لعدم وضوح تخوم فضاء الحالات المناسب لحل المسألة، ولتجاوز عقبة زيادة حجم الحوسبة المطلوبة لتحقيق ذلك، يصار إلى توليد مساحة محددة من الفضاء التي تتم معالجتها للبحث عن الهدف المنشود، قبل أن يتم التوجه نحو توليد فضاء جديد للحالة، في حالة عدم الظفر بالهدف الذي توصلنا إليه في المرحلة السابقة.

وقد ظهرت مجموعة كبيرة من تقنيات البحث الذكي التي حاول أصحابها الالتزام بهذه المبادئ لتحقيق الغاية المنشودة عند البحث في المسائل التي لا يمكن استخدام الطرق التقليدية في معالجتها والظفر بحلول واقعية لمادتها.

و ـ البرمجة المنطقية (Logic Programming)

دأب الرياضيون والمناطقة (منذ بضعة عقود) على ابتكار أدوات تسهّل عملية وصف العبارات المنطقية بواسطة عوامل منطقية (Logical Operators).

ويعد المنطق الافتراضي (Propositional Logic) إحدى الثمار اليانعة لهذه الجهود الحثيثة، والذي بات يمتلك القدرة على التعامل مع مجموعة من العبارات الثنائية «الافتراضية» (Propositions) المرتبطة بعضها ببعض بواسطة عوامل بوليانية. لقد ازداد الإقبال على هذا الحقل المنطقي، وكثرت تطبيقاته الميدانية، بعد أن تعمقت قدراته في حل المسائل المعقدة ذات الصلة بالواقع الميداني، وبدأ بالنمو التدريجي باتجاه ولادة جديدة لحقل منطقي جديد بات يطلق عليه اصطلاح المنطق الإسنادي (Predicate Logic).

تعدّ اللغة البرمجية (Prolog) إحدى البيئات البرمجية التي توظف المنطق في أداء مهامها البرمجية[٣٤]. وقد ظهرت مجموعة من اللغويات البرمجية المنطقية الذكية التي بزّت هذه اللغة، وتفوقت عليها في كثير من التطبيقات الميدانية مثل (LISP)، والتي أضحت تشكل الأرضية الصلبة للبحوث المنطقية التي أسست أرضيتها في حقول الذكاء الاصطناعي المتعددة.

(٣٤) يعكس اسم هذه اللغة البرمجية الأصل الذي قد نشأت عنه: Programming in Logic.

ز ـ الحوسبة الليّنة

تعدّ «الحوسبة الليّنة» (Soft Computing) من التيارات الجديدة التي أفرزها الذكاء الاصطناعي كنتيجة لمحاولة المقاربة بين النماذج التي يبتكرها للتعامل مع الواقع، ومن خلال الآليات، والمنهجيات العقلية البشرية التي ترتكز على مناهج تحاول التكيف مع الواقع، وتتقبل حقيقة سيادة ظاهرة غياب الدقة الصارمة، وعنصر اليقين المطلق من جادة التعامل اليومي.

ولقد أرسى العالم الإيراني لطفي زاده الحدود الاصطلاحية للحوسبة الليّنة عندما وضعت اللبنات الأساسية لمفاهيمها بوصفها نهجاً جديداً للحوسبة، يمارس أنشطته على التوازي مع القدرات العقلية للكائن البشري، التي يوظفها في عمليات الاستدلال والاستنتاج، وعلى التوازي مع التعلّم في بيئة مفعمة بعنصر اللايقين، وغياب الدقة التي تفرضها صرامة الأنموذج الرياضي والمنطقي[٣٥].

٥ ـ الميادين التطبيقية للذكاء الاصطناعي

شأن كثير من العلوم التي فرضت هيمنتها في هذه العقود، فقد انتشرت أذرع تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتوسع نسيج علاقاته مع كثير من العلوم والتقنيات الأخرى، مما نجم عنه تعمّق جذور طيف التطبيقات على مدى واسع سنحاول إلقاء الضوء على أهمها:

أ ـ ممارسة الألعاب (Game Playing)

تستأثر الألعاب باهتمام طيف واسع من الناس في عصرنا الراهن. وقد ظهرت ألعاب كثيرة مثل: «Checkers, Chess, and Puzzles» التي وظف مصمموها تقنيات لعب ترتكز على «فضاء بحث الحالة» (State Search Space) لتسيير دفة فعاليات اللعب.

وبصورة عامة، تدار دفة معظم الألعاب بواسطة مجموعة متماسكة من القواعد الحاكمة، التي تذلل الصعوبات أمام فضاء البحث، وتقلل التعقيد الذي يجابهه مصمم اللعبة إلى حد كبير.

---

(٣٥) سنعالج هذا الموضوع بتفصيل أكبر في فقرة مستقلة، ثم سنعاود مناقشة المزيد عنه في الفصول القادمة التي يمكن اعتبارها لبّ المعالجة الموضوعية لهذا الكتاب.

وتستطيع الألعاب توليد حجم واسع من فضاءات البحث، التي تتميز بتعقيد هيكلتها، وتشابك نسيجها، بحيث تظهر الحاجة إلى تقنيات متقدمة لتحديد طبيعة الخيارات المتوافرة في فضاء البحث، في ضوء المسارات التي تتفرع إليها فعاليات اللعبة وبظل النهج الذي يتبناه المستخدم في التعامل مع خوارزمياتها المختلفة.

تستخدم تقنيات «البحث الموجّه» (Heuristic) كأداة فاعلة لحل مسائل البحث المرتبطة بتصميم الألعاب وتنفيذها. وتسهم هذه الآلية في إجراء سلسلة لامتناهية من عمليات متابعة مكونات اللعبة؛ والتأكد من قدرتها على الاستجابة؛ وتوفير حلول لخيارات مفتوحة أمام المستخدم الذي يمارس اللعب.

ب ـ النظم الخبيرة

برز تيار «النظام الخبير» (Expert System) بوصفه محاولة لترجمة الخزين المعرفي الموجود لدى الخبراء والتقنيين إلى نظم محوسبة ذكية، تعمد إلى معالجة المعلومات، وتقطير مفردات المعرفة، مع توظيف القواعد المعرفية التي يوظفها هؤلاء عندما يتعاملون مع المسائل المطروحة على بساط الحياة اليومية.

وتتألف المعرفة (التي يوظفها الخبراء في تسيير دفة النشاط الذي يمارسونه) من مبادئ نظرية صرفة ذات صلة مباشرة أو غير مباشرة بالمسألة المطروحة؛ وخبرة متراكمة تمت معالجتها في النسق المفاهيمي للخبير، بحيث تحولت إلى آلية بحث موجّه تسترشد بجملة من القواعد؛ والأطر المعرفية التي قد ثبتت صلاحيتها في حل مسائل مشابهة، في حالات مناظرة.

لقد تطورت النظم الخبيرة، وبدأت مجموعة من النظم المتخصصة بتطبيقات محددة مثل «Dendral» و«Mycin»[(٣٦)]. بينما ظهرت نظم خبيرة متنوعة لها القدرة على معالجة عدد كبير من المسائل العامة التي تقع في أكثر من ميدان تطبيقي في الوقت ذاته.

بيد أنه لا يزال الكثير من النظم الخبيرة في مرحلة البدايات، بجانبيها النظري الصرف؛ والعملياتي، كما تشخص أمام إنشائها جملة من العقبات التقنية والمعرفية، التي تشمل:

---

(٣٦) يستخدم النظام الخبير الأول في ميدان لدراسة التركيب الجزيئي للمركبات العضوية، أما الثاني فيستخدم في ميدان التحليلات المرضية، وتذليل عقبة التشخيص الطبي.

• الصعوبة المصاحبة لعملية سبر المعرفة العميقة، والحس المعرفي العام، وترجمتهما إلى قواعد معرفية.

• غياب المرونة، والقدرة على التعامل الفعّال مع المسألة عند غياب مدخلات كافية لاحتواء فضاء الحالة.

• عدم القدرة على توفير تبريرات واضحة، ومتعمقة للقرارات التي يذهب صوبها النظام الخبير، أثناء حل المسألة المطروحة.

• ظهور صعوبات جمّة تصاحب عملية التحقق من صحة النهج المعتمد في المعالجة.

• غياب القدرة على التعلّم من المسائل التي تم التعامل معها، بسبب الهيكلة البرمجية المستقرة لكثير من النظم البرمجية الخبيرة.

ورغم هذه المحددات، وأخرى لم يتسع المجال لذكرها، فلقد أثبتت النظم الخبيرة، في أكثر من ميدان، قدرتها الفريدة على حل المسائل المعقدة، وتوفير إجابات حاسمة تسهم في تقليل التكاليف المطلوبة لحل مسائل بالغة التعقيد[٣٧].

ج ـ الاستدلال المميكن وبرهنة الفرضيات (Automated Reasoning and Theorem Proving)

توفر الدقة العالية، وصرامة القواعد التي تحكم العبارات المنطقية، ومناهج الاستدلال، فرصة ثمينة لتطبيق التقنيات الذكية في ميدان ميكنة عمليات الاستدلال، وبرهنة الفرضيات بمختلف أشكالها.

لقد أصبحت، في هذه الأيام، معالجة طيف واسع من المسائل المتعلقة بهذا المضمار، من الأمور الممكنة حالما نبدأ بتوفير وصف تفصيلي لمفردات المسألة، وطبيعة المعلومات المطلوبة لحلها، بواسطة مجموعة متنوعة من البديهيات، والقوانين، والقواعد الحاكمة. ويتم تجميع جميع هذه المفردات، وصوغها على شكل فرضية تفتقر إلى برهان يؤكد صلاحيتها.

نود الإشارة هنا إلى الدور المتميز الذي تنهض به آليات الاستدلال المميكن في ميدان المنطق الرياضي الصوري، حيث تسهم هذه الآليات في حل الكثير من المسائل

---

(٣٧) Luger and Stubblefield, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving.*

التي تخص تصميم، وتقييم الدوائر الرياضية المنطقية، وتتبّع صحة الخوارزميات البرمجية، ونظم التحكم الحاسوبية المعقدة.

د ـ القدرة على فهم اللغات الطبيعية والبرمجة الدلالية (Natural Language Understanding and Semantic Modeling)

يكمن أحد الأهداف الجوهرية للذكاء الاصطناعي في الرغبة في التوجّه صوب إنشاء لغويات برمجية، تمتلك القدرة على فهم الخطاب اللغوي التقليدي. ولا تقتصر المهمة على هذا المحور فحسب، ولكنها تمتد باتجاه معالجة المفردات، وتحليل محتوى الخطاب اللغوي، وأتمتته وفق أنموذج محوسب قادر على تذليل الصعاب أمام زيادة مساحة استخدام الحاسوب، وتطبيقاته بعد أن تحول إلى أداة أكثر شيوعاً في القطاعات التطبيقية المختلفة.

بصورة عامة، ترتكز القدرة على فهم اللغة الطبيعية إلى جملة من العوامل منها: وجود معرفة عميقة بمكونات الخطاب اللغوي؛ ومعرفة بالاصطلاحات المستخدمة؛ والبعد الدلالي للمفردات اللغوية؛ والقدرة على تطبيق المعرفة العامة بالقرائن والسياق اللغوي لكشف اللثام عن الغموض المصاحب لبعض مفردات الخطاب اللغوي السائد في الحياة اليومية.

ونتيجة للكم الهائل من مفردات الخطاب اللغوي، والقرائن المصاحبة لكل حالة من حالاته، لا تزال معالجات فهم اللغة الطبيعية تحبو ببطء على طريق طويل، وتفتقر إلى جهود جبارة للظفر بنتائج إيجابية ملموسة في هذا المضمار.

في المقابل، بدأت تطبيقات بالغة التخصص في قطاعات تطبيقية محددة بالظهور، مثل «SHRDLU» الذي يتخصص بمناقشات تدور حول أشكال، وألوان محددة، ونأمل بأن تسهم التقنيات المتقدمة في معالجة الخطاب اللغوي في ظهور نظم برمجية تمتلك القدرة على فهم أفضل، مع إمكانية إنتاج نماذج دلالية مفيدة.

هـ ـ إنشاء نماذج لفهم الأداء البشري (Modeling Human Performance)

إن الصلة الحميمة بين الذكاء الاصطناعي، وفروع مختلفة من علم النفس (التي تعالج آليات عقلية مختلفة كالإدراك، والوعي، والفهم) قد منحت فرصة كبيرة لتداول المعرفة المتراكمة بين هذه الأطراف، لتعميق الفهم بما يحصل فعلاً في غياهب العقل

الإنساني، والتي قد لا ينالها مشرط الجراح من دون أن يحدث خللاً في أدائها؛ أو الارتقاء بأداء خوارزمية برمجية تسعى إلى محاكاة أكثر قرباً من سلوك العقل البشري.

لقد تم تحويل الشبكات العصبونية المقيمة في عقولنا إلى نماذج محوسبة تحاول أن تستثمر قدراتها الفائقة في حل كثير من المسائل المطروحة في ميادين الذكاء الاصطناعي، كما أن التطور الحاصل في البنية التركيبية الرياضية، والبرمجية لهذه الشبكة قد ألقت المزيد من الضوء على معرفتنا بطرق التعلّم وآلياته، وكشفت لنا جزءاً من الظلال التي تحيط بعملية الفهم التي يتميز بها الكائن البشري من بقية المخلوقات.

ثانياً: الذكاء المحوسب

بعد أن بسطت النماذج الرياضية، المرتكزة على تقنية المعلومات والحوسبة، سلطانها المعرفي، وسخّرت القدرات الحسابية الغاشمة للحاسوب، وطوّعتها بمهارة، لكي تتكيف مع متطلبات الواقع المعقدة، أصبحت الفرصة مؤاتية لبروز مفهوم «الحوسبة الذكية» (Computational Intelligence) إلى ساحة التطبيقات الرياضية والإحصائية، ولطيف واسع من الحقول التطبيقية والنظرية.

وتختلف الحوسبة الذكية عن الحوسبة التقليدية في اعتمادها المقاربة التي يوظفها الذكاء البشري لإدراك العالم المحيط به، بعيداً من الصرامة والدقة التي تطرحها العلوم الصرفة، الأمر الذي حتّم بروز ميدان جديد في دائرة الذكاء الاصطناعي بات يعرف بالذكاء المحوسب الذي يأخذ بعين الاعتبار جملة من المتغيرات السائدة في الواقع اليومي مثل: «غياب الدقة واليقين» (Uncertainty)؛ و«الحقيقة الجزئية» (Partial Truth)؛ و«التقريب» (Approximation).

ترتكز الخطاطة العرفية لهذا الحقل الجديد على محاكاة الآليات السائدة في الذهن البشري، مع الأخذ بعين الاعتبار حضور سمات: عدم اليقين، والتشويش، والتعقيد؛ التي باتت تشكل عقبة مفاهيمية قبالة المفاهيم التي تبنتها الحوسبة التقليدية.

ويمكن إجمال المبادئ التي يسعى إلى توظيفها هذا الحقل (لضمان مقاربة نتائج تطبيقاته مع متطلبات الواقع)، بما يأتي:

- استغلال التفاوت المسموح به في قياس المتغيرات على أرض الواقع لاحتواء ظاهرة غياب الدقة الميدانية.

• محاولة إيجاد مساحة مناسبة للتعامل مع الحقيقة الجزئية وعدم إهمالها من المقاربات المنطقية والرياضية.

• اعتماد مبدأ التقريب في إجراء الحسابات، وبناء هيكلة النماذج لضمان الوصول إلى منهج مقبول لحل المسائل، والتغلب على العقبات التي قد تفرزها الرياضيات الصرفة.

• التعامل مع المسائل التي تعاني غياب الوضوح والقبول بالحلول الأقل تكلفة، والأقرب قبولاً بالنسبة إلى متطلبات الواقع.

نشأت الأرضية المفاهيمية لولادة الذكاء المحوسب، والحوسبة الذكية نتيجة تأثيرات مبكرة. ولم تلبث أن اكتسبت سمة المنهج الدقيق على يدي العالِم الإيراني لطفي زاده (Lotfi Zadeh) عندما نشر أول معالجة رياضية ومنطقية للمجاميع المضبّبة (Fuzzy Sets) عام ١٩٦٥. ثم عاود الكتابة في موضوعات مثل النظم المعقدة وعمليات صناعة القرارات عام ١٩٧٣، ونظرية «الإمكانية» (Possibility Theory)، و«تحليل البنى المعلوماتية» (Soft Data Analysis) في بدايات عام ١٩٩١، والتي تعد لبنات أساسية في بنيان هذا الحقل المبتكر.

بعد هذه المرحلة برزت على السطح معالجات مفاهيمية جديدة أثْرت في هذا الميدان بأنساق رياضية ومنطقية مبتكرة، فأدرج في منظومة الحوسبة الذكية أنموذج «المنطق المضبّب» (Fuzzy Logic Model)؛ و«أنموذج الشبكات العصبونية» (Neural Networks Model؛ و«البرمجة الجينية» (Genetics Programming)؛ و«الأدوات الذكية» (Intelligent Agents)؛ و«آليات التنقيب عن المعرفة» (Data Mining).

ونود التنويه إلى حقيقة أساسية هي أن الحوسبة المعلوماتية لا يمكن أن تعد خليطاً يضم جميع هذه الآليات الرياضية والمنطقية المبتكرة، ولكنها عبارة عن بيئة خصبة يمكن اعتبارها مظهراً لشراكة قائمة بين النماذج التي يطرحها كل نسق من هذه الأنساق الرياضية من خلال منظور المعالجة الذي يتبناه في ظل الحقل الكلي لخطاطته المعرفية.

إن سمة التكامل والتتام التي تجمع نماذج المنطق المضبّب، والشبكات العصبونية، والخوارزميات الجينية، والأدوات الذكية، والتنقيب عن المعلومات تحمل في طيّاتها أكثر من ميزة إيجابية تنعكس بجلاء في قدرة الخطاطة المعرفية للذكاء المحوسب على إنشاء أكثر من مستوى للتكامل بين هذه النماذج لاستيعاب الظاهرة قيد الدرس، وعبر

منظومات تجمع أكثر من أنموذج واحد لمعالجة المسألة المطروحة على طريق توفير مناخ مناسب لدراستها بمنظور أكثر شمولاً.

ومن اجل هذا بدأنا نلاحظ ظهور نماذج هجينة تجمع بين نوعين من المعالجة المفاهيمية، مثل «النظم العصبونية المضبّبة» (Neurofuzzy Systems) التي ازداد حجم استخداماتها في أكثر من قطاع تطبيقي على أرض الواقع.

١ ـ الذكاء المحوسب والذكاء الاصطناعي: مقاربة مفاهيمية

لقد بدأت مرحلة مخاض الذكاء الاصطناعي عندما شعر الإنسان المعاصر بحاجة إلى آلة ذكية تدعم نشاطه، وتلقي عن كاهله أعباء التكرار الممل لعمليات يكثر حضورها باستمرار، ويصعب عليه تجشم عناء ممارستها بالليل والنهار.

إذن، كانت بدايات هذا العلم مع الآلات، فكانت محاولة لمنحها سلوكاً ذكياً يحاول محاكاة جزء يسير من الذكاء البشري. بيد أن هذا الذكاء المبتكر اعتمد المقولات الرياضية الصارمة التي تحوّل كل نشاط إلى معادلة دقيقة، وحركة محسوبة بدقة فائقة.

ومن جهة أخرى بدأت تطفو على سطح نظرية المعرفة (التي عالجت مسألة الأنموذج الرياضي الحديث) جملة عقبات معرفية تتعلق بعدم قدرة بعض هذه النماذج على تحقيق غاياتها نتيجة غزو التعقيد لبنيتها الرياضية والمنطقية، بحيث أضحى هيكل الأنموذج الرياضي المعاصر أُحجية قد لا نظفر بحل مقبول لها.

وعند هذه العتبة بالذات، برز تعريف الذكاء المحوسب ليحل بعض هذه الإشكاليات المعرفية، ولكي يعيد جزءاً كبيراً من نشاط تقنيات الذكاء الاصطناعي إلى حظيرة جملة كبيرة من التطبيقات الأخرى، ولا يقصر نشاطها على الآلات والأدوات الذكية.

وبهذا أضحى الذكاء المحوسب نسقاً يسعى إلى «تكيف عملي» (Practical Adaptation) يوظف حزمة من مبادئ، وأنساق مفاهيمية، وخوارزميات، ووسائل توفر للمستخدم أرضية مناسبة لتنفيذ أنشطة ذكية في بيئة معقدة ومتغيرة على الدوام، شأن البيئة التي نقطن فيها. وقد حاول أصحاب هذا النسق أن يوفروا له أنموذجاً يحاكي أنموذج الفكر البشري في التعامل مع ظاهرة سيادة عدم الدقة، وغياب الوضوح، بكثير من المسائل التي نتعامل معها، أو نصدر أحكاماً بشأنها تبتعد عن صرامة المنهج الرياضي ودقته العالية.

وبدأت تدخل في دائرة الذكاء المحوسب جملة من المسائل التي تمتاز بكونها:

- مضبّبة، أو غير دقيقة، أو يغزو الخطأ بعض مساحاتها.
- تفتقر إلى خوارزمية رياضية تفسر حدودها.
- تعاني عدم حضور الحل المثالي للمسألة.
- تفتقر إلى أنموذج جاهز وسريع لمعالجتها آنياً على أرض الواقع.
- تتوزع عناصر حل مسائلها على مجموعة خبراء يدركون أجزاء متفرقة من جوانب إشكالياتها، وتتوافر فرصة لترجمة خبراتهم إلى حقائق موضوعية وقواعد منطقية يسترشد بها في توجيه آليات حل المسائل.

بدأ هذا النسق الرياضي بدراسة ماهية «الأدوات الذكية» (Intelligent Agents)، ثم تطور هذا النسق الرياضي تدريجياً، فباشر بصوغ نماذج رياضية تعمل بوصفها أدوات تمارس سلوكاً ذكياً في بيئة حاسوبية افتراضية، أو بيئة تقليدية. وقد تميزت هذه الأدوات بمرونة كبيرة، وقدرة على التكيف مع عوامل البيئة المتغيرة شأن قدوتها (الفكر البشري) الذي يتميز بقدرته الفائقة على التكيف مع متغيرات شتى، ويتمتع بمرونة كبيرة.

كذلك أضحت هذه النماذج أكثر قدرة على التعلّم من ركام بيانات المسائل التي تتعامل معها، وقادرة على احتواء متطلبات التغيّر الآني في الأهداف، واتخاذ قرارات مناسبة لمحددات يفرضها واقع مسألة بعينها.

إن قدرة الحوسبة الذكية على إنشاء شراكة تكاملية بين الخطاطات المعرفية التي تقع ضمن دائرته، يعد أحد مواطن القوة في هذا المنهج المبتكر من مناهج الذكاء الاصطناعي في القرن العشرين. بالمقابل، فإن «خاصية التعاونية» (Synergism) التي تسودها، توفر له إمكانية توظيف المعرفة البشرية بكفاءة عالية؛ والتعامل مع غياب سمتي الدقة، والوضوح في آن واحد؛ مع القدرة على التعلّم للتكيف مع بيئة تتسم بتغير دائم، وعدم القدرة على الإحاطة بجميع مفرداتها التفصيلية لضمان أداء أفضل[٣٨].

لقد نشأت الحوسبة الذكية تحت تأثير تيار الذكاء الاصطناعي التقليدي، مسترشدة بعلم «السبرنتيكا» الذي عُني بدراسة أنساق المعلومات وآليات التحكم لدى الإنسان،

(٣٨) حسن مظفر الرزو، «هندسة المعرفة: ماهيتها وتطبيقاتها،» **المجلة العربية للعلوم**، السنة ١٦، العدد ٣٢ (١٩٩٨).

والآلة التي يسعى أصحابها إلى ضمان مقاربة محاكاة أدائها للقدرات البشرية. بيد أنها نجحت في التخلص من أغلال الصرامة، والدقة الفائقة، التي يتطلبها النسق الرياضي والمنطق الأرسطي، فحاولت بكل ما أوتيت من قوة أن تغير مرتكزات المنطق التقليدي عبر مقولات المنطق المضبّب، وجعلت أنساق المعرفة البشرية غاية بذاتها بعيداً من القوالب المجردة التي يحاول إنشاءها الفكر الرياضي ويحاول أن يقسر الفكر على السير في طريقها.

من أجل هذا، عُدتّ ظاهرتا عدم الوضوح وغياب الدقة مظهرين من مظاهر الواقع الذي نعيش فيه، فحاولت التعامل معه، واقتراح آليات منطقية للتكيف مع مظاهره.

وعليه، يمكننا القول إن العمود الفقري، والأرضية المفاهيمية للذكاء المحوسب، يرتكزان على المحاور المفاهيمية الآتية:

- **الخبرة البشرية**: يستثمر الذكاء المحوسب خطاطات الخبرة البشرية وآلياتها من خلال توظيف الأطر المعرفية للقواعد المضببة، إضافة إلى أطر المعرفة التقليدية، بغرض توفير بيئة معرفية مناسبة لحل المسائل العملية.

- **النماذج المحوسبة المستنبطة من ميدان علوم الأحياء**: تسهم النماذج المستنبطة من الشبكات العصبونية للكائنات الحية في إثراء معرفتنا، وتعميق خبراتنا بالشبكات العصبونية الاصطناعية التي توظف في ميدان الحوسبة الذكية بأكثر من قطاع تطبيقي. وتستثمر نتائج البحوث الميدانية في إرساء فهم أكثر موضوعية بمفردات مثل: الإدراك، وإدراك الأنماط المرئية، والانحدار غير الخطي، ومسائل التصنيف بمختلف مستوياتها.

- **تقنيات الأمثلية الحديثة**: تعمد الحوسبة الذكية إلى تطبيق طرائق «الأمثلية» (Optimization) المستنبطة من موارد شتى مثل: الخوارزميات الجينية التي نشأت عن المفاهيم التي أرستها نظرية النشوء والارتقاء، ومحاكاة التلدين التي نشأت عن المفاهيم الجديدة في ميدان الديناميكا الحرارية، ومنهج البحث العشوائي، ومنهج التبسيط. وتتسم هذه التقنيات بمرونة عالية في التعامل مع مسائل الأمثلية المعقدة.

- **الحوسبة العددية**: يختلف الذكاء المحوسب عن الإطار العام للذكاء الاصطناعي في كونه يرتكز بكثافة على الحوسبة العددية، ويعد توظيف التقنيات الرمزية من موارد البحث النشطة في هذا القطاع.

• **حقول تطبيقية جديدة**: نتيجة لقدرات الحوسبة العددية التي تتسم بها الحوسبة الذكية، نتلمس الكثير من الحقول التطبيقية الجديدة في هذا القطاع والمضافة إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي. وتمتاز نهج هذه التطبيقات باعتماد شبه مطلق على قدرات الحوسبة الغاشمة، وتتضمن معالجة الإشارات المتكيفة، والتحكم المتكيف، والتمييز غير الخطي للمنظومات، والانحدار غير الخطي، وتمييز الأنماط المرئية.

• **التعلّم اللانمطي**: تمتاز نظم الشبكات العصبونية المتكيفة، ونظم استدلال المنطق المضبب بقدرتها على إنشاء نماذج متباينة التعقيد من خلال استخدام بيانات النظام المستهدف فقط، ومن دون الحاجة إلى فهم متعمق في بنية مكوناته الداخلية.

• **الحوسبة المكثفة**: تفتقر نماذج الحوسبة الذكية إلى قدرات فائقة في ميدان «الحوسبة المكثفة» (Intensive Computing) لحل المسائل المطروحة رغم عدم حاجتها إلى خلفية معرفية عميقة بالمسائل ذاتها. ومن أجل هذا، نلاحظ أن نماذج الشبكات العصبونية المضببة، والخوارزميات الجينية تحتاج إلى سيل هائل من عمليات الحوسبة المكثفة لضمان الوصول إلى حد مقبول من القواعد الحاكمة، وتمييز نظم الانتظام السائدة في البيانات.

• **التسامح مع الخطأ**: إن المميزات الإيجابية في كلٍّ من نماذج الشبكات العصبونية، والمنطق المضبّب تكمن في قدرتها على التعامل مع نسبة لا بأس بها من الخطأ، وغياب الوضوح والدقة في البيانات. وعلى هذا الأساس يمكن أن نلغي مجموعة من القواعد الحاكمة في آلة استدلال المنطق المضبّب، أو إزالة طبقة من طبقات الشبكات العصبونية من دون أن يؤدي ذلك إلى حدوث خلل كبير في أداء النظام.

وعلى النقيض من ذلك، يستمر النظام في أدائه مع تكثيف حجم عمليات التدريب، أو التقليل من مستوى الدقة (ضمن الحدود المقبولة) بسبب وجود نسبة لا بأس بها من «المعمارية الاحتياطية» (Redundant Architecture) في صوغ النظام بحيث تكون قادرة على احتواء هذه التغييرات.

• **الخصائص الموجهة بالهدف**: يعدّ منهج الحوسبة الذكية من الطرق التي تسترشد آلياتها الرياضية بالهدف الذي تصبو إلى الوصول إليه، دون النظر إلى المسار الذي تسلكه لضمان تحقيقه. وتظهر هذه الخاصية بجلاء عندما نوظف الخوارزميات الجينية، أو محاكاة التلدين في حل مسألة من المسائل، حيث يعدّ الوصول إلى الهدف

غاية بذاتها عند تطبيق آليات البحث العشوائي، ولا تزيد أهمية المعرفة الإضافية على كونها مورداً يقلل حجم عمليات الحوسبة، أو البحث العشوائي من دون أن يكون له تأثير ملموس في المحصلة النهائية للنتائج.

٢ ـ علاقة الذكاء المحوسب ببقية فروع المعرفة

رغم حداثة حقل الذكاء المحوسب فقد نجح، خلال عقدين من الزمن، بتوطيد علاقات حميمة مع عدد كبير من الحقول المعرفية، مثل: الفلسفة؛ وعلم «الأعصاب الإحيائي» (Neurobiology)؛ وعلم «الإحياء النشوئي» (Evolutionary Biology)؛ وعلم النفس؛ والاقتصاد؛ والعلوم السياسية؛ وعلم الاجتماع؛ وعلم الأنثربولوجي؛ وهندسة السيطرة والتحكم؛ وفروع أخرى من العلوم تستمد الكثير من مفاهيمها من هذا العلم الجديد.

بصورة عامة، يمكن وصف علم الذكاء المحوسب بكونه نوعاً من المقاربة بين مبادئ «علم النفس التركيبي» (Synthetic Psychology)، أو «الفلسفة التجريبية» (Experimental Philosophy)، مع «علم المعرفة المحوسب» (Computational Epistemology). ويمكن أن تعْزى هذه الصلة المباشرة إلى توافر أدوات معلوماتية، ومنطق استدلالي ذكي قادر على تسخير القدرات الحاسوبية الغاشمة لإنشاء نماذج رياضية تعمّق فهمنا بالبنية المعرفية للظواهر التي نتناولها بالدراسة، إضافة إلى ما توفره لنا بقية العلوم في دراسة سماتها الظاهراتية.

إضافة إلى ذلك، فإن مثل هذه النماذج توفر لنا بيئة مناسبة لإعادة تشكيل الكثير من عوامل البيئة، والعوامل الداخلية الحاكمة في الوقت نفسه، ومعاينة التأثيرات المحتملة من دون الحاجة إلى ولوج العقبات التي يطرحها العالم الفيزيائي، وما يصاحبها من متطلبات يصعب توفيرها في كثير من الأحايين.

ثالثاً: الخطاطة المعرفية للذكاء المحوسب والحوسبة الذكية

صاغ لطفي زاده اصطلاح «الحوسبة اللينة» (Soft Computing) (التي باتت تعرف في ما بعد بالحوسبة الذكية) لوصف مجموعة من المناهج المحوسبة تتمتع بسمات الذكاء، وتسعى إلى استثمار السعة والسماحية التي تصاحب ظاهرتي

الالتباس والتشويش، في سعيها إلى إحراز حلول وإجابات منطقية لمسائل تتسم بتعقيد ملحوظ، ولا يمكن بلوغ إجابات حاسمة لها بالتقنيات التي يطرحها المنهج التقليدي[٣٩].

ويقع في دائرة «الحوسبة اللينة» كل من: نهج المنطق المضبّب، والحوسبة العصبونية، والاستدلال الاحتمالي (الذي يشمل الخوارزميات الجينية (Genetic Algorithms)، وشبكات الاعتقاد (Belief Networks)، و«النظم الفوضوية» (Chaotic Systems)). ويتعامل كل منهج من هذه المناهج مع سمة من سمات الالتباس والتشويش التي تسود الظواهر التي يحفل بها العالم الذي نقطن فيه. فينصبّ اهتمام المنطق المضبّب على سمات الغموض، والإبهام، والاستدلال التقريبي، وتعنى الحوسبة العصبونية بمسائل التعلّم الرمزي الذي تمارسه الشبكات العصبونية على مدخلاتها الرمزية، بينما يتركز اهتمام الاستدلال الاحتمالي بجملة من المسائل التي تقع ضمن دائرة الإشكال واللايقين[٤٠].

ومن هنا تبرز أمامنا مبررات استخدام اصطلاح الحوسبة الذكية على هذه المناهج بسبب مغادرتها للرقعة التي تستوطنها آليات الاستدلال التقليدي والنماذج الرياضية والمنطقية التي توظف «المنطق البولياني» (Boolean Logic)، وغيرها من الطرائق التي تتسم بصرامة نهجها، ودقة نتائجها، والتي تقع في دائرة «الحوسبة المتماسكة أو الدقيقة» (Hard Computing)[٤١].

تسهم عملية تطبيق آليات الحوسبة الذكية في خفض مستوى المعالجات المطلوبة للتعامل مع النظم التي يسودها التعقيد، فتوفر بيئة يمكن احتواؤها في النماذج الرياضية والمنطقية. وعلى هذا الأساس عند التعامل مع مسألة كفاءة أداء الحلول التي تتوافر في بيئتها سنكون ملزمين باعتماد عوامل جديدة بدلاً من الدقة تشمل: البساطة، والنمط الحميمي في الاستخدام، والقدرة الغاشمة على تناول الموضوع من عدة محاور.

(٣٩) Lotfi A. Zadeh, «Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing,» *Communication of the ACM*, vol. 37, no. 3 (1994), pp. 77-84.

(٤٠) Behnam Azvine, Nader Azarmi and Detlef Nauck, eds., *Intelligent Systems and Soft Computing: Prospects, Tools and Applications* (Berlin: Springer, 2000).

(٤١) Behnam Azvine and Wayne Wobcke, «Human-Centred Intelligent Systems and Soft Computing,» *BT Technology Journal*, vol. 16, no. 3 (1998), pp. 125-133.

١ ـ الذكاء المحوسب: قراءة تحليلية

الذكاء المحوسب، ببساطة، هو فرع من فروع المعلوماتية، يُعنى بدراسة وتصميم كيانات تمارس سلوكاً يقارب السلوك البشري الذكي. ويطلق على هذه الكيانات اصطلاح «الأداة الذكية» (Intelligent Agent)، كونها تمارس نشاطاً يتناسب مع معطيات الواقع، والأهداف التي يروم النشاط بلوغها، وبمستوى من المرونة قادر على التأقلم مع التغييرات المحتملة في سمات الواقع، وانعكاساتها المباشرة على الأهداف. وتتميز الأداة الذكية بقدرتها على التعلّم واكتساب الخبرة من معطيات الواقع، مع ممارسة عملية انتخاب أفضل الحلول، في ضوء نتائج عمليات الاستدلال المنطقي، وسلسلة عمليات الحوسبة التي تباشرها على عناصر معطياته.

وتكمن الغاية العلمية وراء اقتراح هذا الفرع من فروع المعرفة في توفير فهم عميق، وراسخ، لمجموعة المبادئ التي توظف سلسلة من المعالجات المحوسبة التي يمكن أن تجعل من نوال السلوك الذكي أمراً ممكناً، على صعيد النظم الطبيعية، والاصطناعية.

أعلنت ولادة العلم الجديد ضمن أعمال المؤتمر العالمي الأول للذكاء المحوسب الذي انعقد في مدينة أورلاندو بولاية فلوريدا في الولايات المتحدة عام ١٩٩٤. فكانت إيذاناً ببداية سلسلة من الدراسات والأبحاث التي حاول أصحابها أن يضعوا من خلالها بصمات رائدة على الأرض البكر لهذا العلم المبتكر.

يشتمل الذكاء المحوسب على مجموعة متنوعة من آليات الحوسبة الذكية التي تدعم عمليات تصميم وتطوير المنظومات الذكية التي تستخدم بكثافة في وقتنا الراهن. إن الولادة الحديثة لهذا العلم تجعل من عملية تعريفه محفوفة بالعقبات نتيجة لعدم رسوخ خطاطته المعرفية، وحضور الكثير من التطبيقات الجديدة في حقول متعددة، خلال بعد زمني قصير، الأمر الذي بات يتطلب مراجعة دائمة للتعريفات المطروحة، وتوسيع دائرة حدوده الاصطلاحية.

ويمكن إجمال أهم التعريفات التي اقترحها الباحثون لتحديد معالم الذكاء المحوسب، وغاياته، ومساراته، وتطبيقاته المرتقبة من خلال مراجعة أكثرها شيوعاً خلال السنوات الأخيرة[٤٢]:

---

(٤٢) I. Rudas and J. Fodor, «Intelligent Systems,» *International Journal of Computers, Communications and Control*, vol. 3, Supplement Issue: Proceedings of ICCCC (2008), pp. 132-138.

التعريف الأول: يمكن أن نطلق على نظام صفة الذكاء المحوسب إذا امتلك القدرة على التعامل مع البيانات العددية (عند «المستوى المنخفض» ((Low Level)، وتوافر فيه مكوّن لتمييز الأنماط، ولا يوظف المعرفة وفق المنطق الذي ينتهجه الذكاء الاصطناعي، شريطة أن يبدي قدرة على: التكيّف المحوسب مع الحالات التي يفرزها الواقع، وامتلاك سماحية للخطأ في عمليات الحوسبة التي يمارسها، ويتمتع بمقاربة لمناورات الفكر البشري وممارساته العقلية، ولا ينفك عن ارتكاب أخطاء بمستويات تقارب تلك التي تلتصق ببشرة الكائن البشري ولا تنفك عنها ممارساته الطبيعية.

التعريف الثاني: الذكاء المحوسب عبارة عن نهج يتضمن ممارسة المعالجات المحوسبة (سواء أكان ذلك بواسطة الحاسوب، أو من خلال أي أداة تمتلك القدرة على ذلك) بحيث يبدي القدرة على التعلّم و/ أو التعامل مع المواقف الجديدة، بحيث يظهر النظام امتلاكه خاصية أو مجموعة خواص استدلالية، مثل التعميمي، أو الكشف، أو التجريد، أو بيان هوية الارتباطات التي تستبطن ظاهر المسألة التي ينقّر في عناصر نسيجها.

التعريف الثالث: الذكاء المحوسب علم يعنى بتوظيف آليات وطرائق تسعى إلى فهم وترجمة السلوك الإنساني الذكي بغرض تصميم، وبناء، واختبار منظومة محوسبة لممارسة سلسلة من المهام، التي تعدّ فعاليات ذكية.

وقد ذهب آخرون إلى ربط تعريف الذكاء المحوسب بتقنيات وأنساق ذكية محددة. فذهب فوغل (Fogel) إلى عد كل من تقنيات: الشبكات العصبونية، والمنطق المضبب، والنظم الجينية؛ جزءاً لا يتجزأ وعصباً أساسياً لهذه الخطاطة، كونها تتسم بعدم تعويلها على المعرفة الجلية لدى الكائن البشري.

وتسعى البيئة البرمجية للحوسبة الذكية إلى لملمة مجموعة من الآليات والمعالجات الذكية التي تتضمن التعلّم المتكيف، وبيئة المنطق المضبّب الذي يتعامل مع مستويات متباينة من اللايَقين، والنظم الخبيرة وقواعدها المعرفية، لإنشاء مجموعة من البرمجيات التطبيقية المبتكرة التي تتمتع بمستوى من الذكاء الذي يحاكي ذكاءنا البشري.

ورغم غياب النسق الإحصائي التقليدي، وكثير من المعالجات الرياضية الخطية، عن ساحة هذا الحقل المعرفي، إلا أن المنطق الرياضي المضبّب ونظرية المجموعات التي تختص به، ووجود تقارب في الأنموذج الرياضي العصبوني ونماذج الإحصاء،

جعل هذا النمط من الحوسبة أكثر قرباً من تعلّم الماكنة، والذكاء البشري، حيث تبرز الحاجة إلى تنظيم التعامل مع سمة التعقيد، والتغير المستمر في متغيرات الواقع.

ويتميز هذا النمط من الحوسبة الذكية بالخصائص الآتية:

- حضور سلوك تدعمه الدوافع البيولوجية مثل ظاهرة التعلّم، والاستدلال والمقايسة العقلية، حيث تبرز عملية التقريب لتجاوز عقبة اللايقين، أو شحّة البيانات.
- استخدام معالجات البيانات المتوازية والتوزيعية.
- وجود حاجة متزايدة إلى أنماط متنوعة من التحليل النوعي.
- امتلاك قدرة غير مسبوقة على التعامل مع المسائل المعقدة التي تحفل بها وقائع حياتنا اليومية.
- عدم تكرار نتائج المعالجات التي نمارسها على البيانات والمعلومات.
- تتميز بطبيعة عشوائية، ومستويات متباينة من اليقين المشروط.

ونحن بدورنا نرى أن الحوسبة الذكية ليست سوى سلسلة من المعالجات الرياضية/ المنطقية التي تروم إلى محاكاة القدرات الاستدلالية اللغوية والمنطقية لدى الكائن البشري من خلال ابتكار آليات وطرائق، ومعالجات محوسبة، تسعى إلى ما يلي:

ـ ممارسة مجموعة من المهام والعمليات التي تتسم بنهج ذكي.

ـ تفسير البيانات، واستخلاص عصارة معرفية من مادتها.

ـ إدراك طبيعة العلاقات القائمة بين الكيانات المعرفية والمظاهر المصاحبة لحضورها.

ـ توظيف المعلومات والخبرات المكتسبة في حل مسائل جديدة يفرضها الواقع.

وقد وفّرت آليات الحوسبة الذكية طيفاً واسعاً من الحقول المعرفية التي نجحت في تحقيق مستوى مقبول من محاكاة السلوك البشري الروتيني على صعيد: الرؤية، والمعالجات اللغوية، والاستدلال المرتكز على الحس العام، والقدرة على التعلّم، والسلوك العالم من خلال ممارسة المعالجات الرياضية، واستحضار أدوات المنطق الصوري، وإنشاء هيكلة برمجية تتضمن قواعد منطقية توجّه مسارات معالجاتها المحوسبة.

وقد أسهم المنطق المضبّب في توفير مناخ محوسب للتعامل مع البيئة التي تسودها الضبابية، وغياب الدقة عن عناصرها، مع شحة البيانات العددية التي تحدد معالم حضور متغيراتها. بينما نجحت الشبكات العصبونية في توفير مناخ مناسب لاستثمار القدرة على التعلّم في التكيّف مع نزعة التغير المستمرة، وتجاوز عقبة التعقيد التي تسود الكثير من ظواهر حياتنا اليومية من خلال التعامل بنهج الصندوق الأسود في المعالجة، والذي يُعنى بتتبع مسارات التأثيرات التي تحصل على قيم المخرجات كنتيجة للتغيرات الطارئة على المدخلات دون التفكير في وصف أنماط التغيير السائدة في بنية النظام الداخلية بنماذج رياضية. أما النظم الخبيرة فحاولت أن تستثمر الخبرات المتراكمة لدى الخبير البشري في تشكيل بيئة محوسبة قادرة على صناعة القرارات، والتعامل مع الحالات المماثلة بمنطق يتسم بالانفتاح والمرونة.

وقد بزّت الحوسبة الذكية الكثير من أنماط المعالجة الحاسوبية وتفوقت عليها نتيجة لكونها:

ـ ترتكز على نماذج تقارب إلى حد كبير آليات الاستدلال العقلي البشري.

ـ يمكن لنماذجها أن توظف: نهج الحوسبة بالكلمات، ومادة الحصيلة المعرفية التي تتوفر بين أيدينا نتيجة للممارسات اليومية، ولا تفتقر إلى حجم كبير من البيانات، أو تتجاوزها في كثير من الأحيان.

ولا يزال هذا العلم يمرّ في سلسلة من عمليات النمو المتصاعد، وبمحاور توجهت نحو توسيع آفاق كل من:

- الحوسبة بواسطة الكلمات (CW).
- نظرية تحبيب المعلومات (TFIG).
- النظرية المحوسبة للإدراك (CTP).

ويستقر تحت مظلّة النسق المعرفي للذكاء المحوسب مجموعة من النماذج المحوسبة، التي تشمل:

أ ـ نماذج الحوسبة العصبونية

تستوحي نماذج «الحوسبة العصبونية» (Neural Computational Models) بنيتها الرياضية والمنطقية لتشكيل مجموعة من نظم التعلّم، ويتألف نسيج هذه النظم

من مجموعة شبكات عصبونية اصطناعية، تحاكي العمليات السائدة في مادة الجهاز العصبي البشري. وتتميز عناصر هذا الأنموذج بنشاطها وقدرتها على التكيف الدائم مع المعطيات التي تردها من البيئة التي تقطن فيها عبر سلسلة من عمليات المعالجة التي تثمر عن اقتناص مفردات المعرفة، واختزانها، وتترجمها إلى قدرات عارفة، وصناعة قرارات رشيدة.

ب ـ نماذج الحوسبة المضبّبة

تستند آلة «نماذج الحوسبة المضبّبة» (Fuzzy Computational Models) إلى المنهج الذي يتميز بقدرته على التعامل مع البيانات والمعلومات التي تتسم بكونها عرضة للشك، وتغيب عنها مقومات الدقّة. وتوفر آلة المنطق المضبب آلية استنتاج ترتكز على سلسلة من قواعد الاستدلال المنطقي التي تتسم بقدرتها على التعامل مع الحالات التي تسود العالم الواقع، حيث تلتبس علينا المعطيات بحيث نكون غير قادرين على تشخيص الحالة بالدقة التي يوفرها الأنموذج الفيزيائي الذي تسود بيئته سمات الدقة، وصرامة العلاقات البينة التي توطد الصلة بين متغيراته.

ج ـ نماذج الحوسبة النشوئية

تتألف مادة «نماذج الحوسبة النشوئية» (Genetics Computational Models) من مجموعة خوارزميات ترتكز على مبادئ نظرية النشوء، والانتخاب الطبيعي لدى سلالات الكائنات الحية. ويتميز هذا النمط من الخوارزميات بسمات التكيّف، والقدرة على التعامل مع التطبيقات التي تتطلّب سلسلة من عمليات البحث والتماثلية، مع احتفاظها بمستوى عال من التطابق التام. ويسهم توافر عدد كافٍ من الأفراد، في ظل انتخاب طبيعي يرتكز إلى مبدأ بقاء السلالة السليمة/ المتوائمة، إلى اختيار أفراد قادرين على التكيّف مع متطلبات البيئة الصعبة.

د ـ نماذج الحوسبة الهجينة

تسعى «نماذج الحوسبة الهجينة» (Hybrid Computational Models) إلى بلوغ مستوى متقدم من تكامل القدرات التي توفرها نماذج الحوسبة الذكية بأصنافها: العصبونية، والمضبّبة، والنشوئية؛ في تحقيق حلول أكثر دقة وقرباً من الواقع. وترتكز الحوسبة الهجينة إلى مبدأ تحقيق وحدة بين أنموذج محوسب وآخر لاستثمار الميزات

المتوافرة لدى كل منهما، وتجنب مواطن الضعف من خلال التحالف الجديد فيما بين عناصرهما مجتمعة.

وقد تطرح تساؤلات حول إمكانية ضمان نجاح الخطاطة المعرفية المحوسبة في التعامل مع المسائل التي يطرحها الواقع، في ظل غياب نهج متماسك للاستدلال والمعالجات المحوسبة بواسطة عناصر الإدراك بدلاً من المقاييس العددية الصارمة. بيد أننا سنحاول عرض الأسس النظرية والمبادئ التي يرتكز إليها الأنموذج الجديد، ويستمد منها صلاحية حضوره قبالة المسائل الشائكة التي بات يطرحها الواقع بإلحاح بعد أن أوغلت تقنيات الحوسبة والمعلوماتية في ولوج المزيد من ميادين الوجود الإنساني، بعد أن استوعبت بيئة الأرقام والمعادلات الرمزية بمختلف مستويات تعقيدها.

٢ ـ نظرية العقل المحوسب

لعل من أهم الركائز التي تستند إليها نظرية العقل المحوسب (Computational Theory of Mind (CTM)) هي التأكيد أن جل عمليات الإدراك التي تسود ساحة النشاط العقلي الإنساني ليست سوى سلسلة متنوعة من عمليات الحوسبة، وأن بزوغ ظاهرة الذكاء في العالم الذي نقطن فيه هو تجلّ لنتائج عمليات محوسبة تحققت في ظل خطاطة معرفية أحكمت عملية اختيار عناصرها، وانتخاب القواعد المنطقية الموجهة لمسارات سليمة نجحت في توجيه عمليات الحوسبة[٤٣].

ويمكن تعريف نظرية العقل المحوسب بوصفها خطاطة معرفية تسعى إلى وصف مجموعة العمليات التي تسود العقل البشري وفق نهج محوسب يعدّ كل من: الخيال، والفكر، والعواطف، والإدراك، والمعرفة، والتدبير، والحكمة، والقصد، والدافع، والإحساس، والسلوك، والابتكار، والوعي، والذكاء، والذات العارفة؛ عبارة عن مظاهر تتضمن مجموعة من العمليات المناظرة لسلسلة من العمليات المحوسبة التي تتألف من مجموعة من الكيانات المعلوماتية، والرموز، التي ترتبط في ما بينها، بشبكة من العلاقات، والقواعد المنطقية، كتلك التي تسود النماذج الرياضية والمنطقية التي تقيم في البيئة الرقمية للحواسيب في عصرنا الراهن[٤٤].

(٤٣) Paul Schweizer, «Physical Instantiation and the Propositional Attitudes,» *Cognitive Computation*, vol. 4, no. 3 (2012), pp. 226-235.

(٤٤) James Albus, «Toward a Computational Theory of Mind,» *Journal of Mind Theory*, vol. 0, no. 1 (2010).

وترتكز المبادئ التي تستمد منها النظريات المفسرة لماهية العقل وآلياته وفق آلية محوسبة على الفرضيات الآتية:

ـ الفكر ليس سوى عملية تتألف من سلسلة معالجات محوسبة وخوارزميات، تستخدم خلالها رموز وقواعد منطقية. ويمارس العقل مهمة الآلة التي تسود في بيئتها هذه السلسلة من العمليات والمعالجات. وعليه يمكن تفسير الفكر بوصفه مظهراً لجملة من العمليات المحوسبة التي تسود بيئة العقل.

ـ تنشأ ظاهرة الفكر من مجموع الأنشطة التي تتفاعل بين أربع عمليات أساسية هي: توليد السلوك، والمعالجة الحسية/ الشعورية، وإنشاء أنموذج للإدراك العالم الخارجي، وملكة الحكم القيمية) بمستويات تراتبية متعددة.

ـ تدعم عمليات المعالجة مجموعة من الموارد التي تتوافر ضمن منظومة العقل البشري، والتي تشمل: الحصيلة المعرفية التي يمتلكها العقل والتي يمكن تمثيلها بمجموعة متنوعة من البيانات المهيكلة التي تشكّل مادة معرفتنا الرمزية، والتقريرية، والإجرائية، والعرضية، ومنظومة القيم المستوطنة في عقولنا. وآليات التواصل التي يوظفها العقل لنقل وتداول مادة الحصيلة المعرفية.

ـ إن جميع العمليات التي تسود العقل البشري تتسم بسمة محوسبة يوجد لها نظائر (تختلف في مستوى تعقيدها) في البيئة المحوسبة التي ألفنا التعامل معها في البيئة الرقمية، مع وجود اختلاف في طبيعة الآليات التي تسود أنماط السلوك العقلي، ودرجة التعقيد التي يتم من خلالها هيكلة البيانات أو معالجتها.

ويظهر في الجدول الرقم (١ ـ ٤) الوصف المحوسب للعمليات التي تسود العقل البشري، وفق النهج الذي تعتمده المدارس التي تتبنى هذه النظرية في معالجة وتفسير مختلف مظاهر النشاط الذهني للإنسان.

الجدول الرقم (١ ـ ٤)

الوصف المحوسب للظواهر التي تسود العقل البشري

الظاهرة	الوصف المحوسب للظاهرة العقلية
التخيّل	عملية إنشاء أنموذج مرئي لمحاكاة كيانات من خلال مجموعة فرضيات تربط بين حالة مجموعة من الكيانات، وخصائصها، وطبيعة العلاقات التي تربط فيما بينها، والأحداث، والحالات، والمواقف التي تحيط بحضورها في المخيلة.
التفكير	هو عملية التنبؤ بما يتوقع حدوثه عند ظروف محددة، مع القدرة على تحليل النتائج المحتملة عن ذلك.
الاستدلال	هو العملية التي توظف خلالها مجموعة من القواعد المنطقية لوصف وتوجيه دفة الحصيلة المعرفية التي تمارس أثناء عملية التفكير.
العواطف	هي مجموعة متنوعة من الحالات والأحاسيس العقلية التي تنشأ عن عملية المحاكمة القيمية لما يطرح في ساحة فكرنا بقصد التمييز بين الحسن والسيئ، والجذاب والمستهجن، والمهم والمبتذل، والمحبوب والممقوت، والمرجو والمرعب.
الأحاسيس	يمكن تمثيلها كأنماط متعددة من الأنشطة التي تستوطن العصبونات ويتم التحسس بها على شكل أحاسيس تتوزع بين ألم، ومسرّة، وابتهاج ولوعة، ورجاء ويأس.
الإدراك	هو حصيلة معالجة جملة من أنماط الأنشطة العصبية التي تنشط في العقل البشري ويتم تفسيرها بتعميق فهمنا لما يدور حولنا على أرض الواقع.
المعنى	هو مجموعة من العلاقات الدلالية التي تنشأ بين موارد المعرفة الضمنية في عقولنا (تمثل بقواعد بيانات) وما يدور حولنا في العالم الخارجي.
الفهم	هو حصيلة معرفية لما ينشأ عن تفاعل الوصف الداخلي الذي تنشئه عقولنا حول الكيانات التي تقيم في بيئة العالم الخارجي وطبيعة العلاقات التي تربط فيما بينها.
المعرفة	هي المعلومات التي تعالج بآلة الاستدلال المنطقي المقيمة في هيكلة العقل البشري وتحويل مادتها إلى مجموعة من الحقائق والقواعد التي يسترشد بها العقل البشري في وقائع أخرى.
الحكمة	هي القدرة على صناعة القرارات التي تمنحنا الفرصة لتحقيق أهدافنا على المدى البعيد، وبأقل خسارة ممكنة.

المصدر: أعد الجدول من المادة العلمية التي ناقش خلالها (*Albus*) الفرضيات التي اعتمدت لدى مدرسة النظرية المحوسبة للعقل. انظر: James Albus, «Toward a Computational Theory of Mind,» *Journal of Mind Theory*, vol. 0, no. 1 (2010).

ويبدو واضحاً من الوصف الذي حاول أصحاب هذا النهج أن يفسروا من خلاله مجموعة الأنشطة التي يمارسها العقل البشري، أن قدرتنا على محاكاة الأنشطة التي تسود عقولنا تعتمد إلى حد كبير على فهمنا لجوهر العمليات المحوسبة التي تسود كل نمط من أنماط السلوك العقلي، فنقترب في دقة الوصف كلما تعمّق فهمنا بالخوارزميات الحاسوبية التي تصف هذا النشاط أو ذاك، بينما نلجأ إلى وصف أنماط اخرى، بسمات التعقيد، أو غياب المعنى، عندما لا نفلح في بلوغ مستوى مقبول لمعالجتها وفق المنطق الرياضي والمنطقي الذي يسود البيئة المعرفية التي ترتكز عليها آلة فهمنا.

٣ ـ ممارسة الحوسبة في العقل البشري

تتألف القدرة المحوسبة للعقل البشري من جوهره المادي الذي يتألف من نحو ٤٠ مليار عصبون (يوجد ١٠ مليارات عصبون منها في «القشرة العصبية» (Neo-Cortex))، وعقد التشابك العصبونية (Synapses) التي تمارس عمليات تصل سرعتها إلى ١٠٠ عملية/ ثانية وبمستوى قرار يبلغ ٧ بتات.

وتوفر هذه الخصائص قدرة حوسبة غاشمة للعقل البشري تمنحه قدرة فريدة لا يكاد يضاهيها أي كيان معلوماتي في مستوى تعقيد المعالجات المحوسبة، ومستويات الإدراك المتكيف مع التدفق المستمر لحالات آنية يصعب حصرها[٤٥].

وفي عام ١٩٦٠ أوغل الفيلسوف هيلاري بوتنام في تبسيط إمكانية تجاوز إشكالية ثنائية العقل/ الجسد بواسطة توظيف التناظر الوظيفي لهاتين الظاهرتين مع الحاسوب. فالجسد (بحسب فرضيته) يشابه إلى حد كبير «مكونات الحاسوب المادية» (Hardware) بينما يمكن أن يعد العقل نظيراً للبرمجيات (Software) التي تستخدم في إدارة دفة أنشطة الحاسوب والوظائف المختلفة التي يمارسها. بيد أن مراجعتنا لمفهوم البرمجيات ومكونات الحاسوب تُظهر بجلاء تهافت هذه الفرضية، لأن البرمجيات تعدّ بواسطة كيانات لا صلة لها بمكونات الحاسوب المادية، حيث يعكف على إعدادها لتلبية حاجات محددة وتتخذ من المكونات المادية آلة لتنفيذ سلسلة الإجراءات المنطقية والرياضية، عكس الفكر الذي يستمد موارده وتوجهاته من الجسد الذي ينبثق منه.

(٤٥) Włodzisław Duch, «Computational Physics of the Mind,» European Summer School on Computing Techniques in Physics, Skalsky Dvur, 5-14 September 1995, <http://cogprints.org/914/1/96compmind.pdf>.

ذهب آلان تورينغ عند معالجته لمسألة قدرة المعالجات المحوسبة على إيجاد حلول للمسائل التي نتناولها بأدوات النسق المحوسب إلى طرح **ثلاث** مسائل بالغة الأهمية (انظر الشكل الرقم (١-١)).

المسألة الأولى: أن عملية الحوسبة تتحدد بمجموعة من الرموز وتجرى بواسطة أداة، وهذه الأداة هي الحاسوب البشري. لذا فإن أي عملية لتحديد القدرة على الحوسبة سترتهن بتحليل قابلية الكائن البشري أو أدواته على ممارسة عمليات الحوسبة بمختلف أشكالها.

المسألة الثانية: لغرض وصف العناصر التي يمكن ممارسة الحوسبة عليها (كالأعداد، والرموز، والعلاقات) ينبغي أن نركز اهتمامنا على عمليات الحوسبة وثيقة الصلة بها. ويقتضي ذلك تحديد وسبر قابلية الحوسبة لكم لانهائي من العمليات الرياضية والمنطقية.

المسألة الثالثة: لتجاوز الإشكالية الملازمة للمسألة الثانية (التي تتطلب منا ممارسة عملية البحث الدائم عن جميع أشكال العمليات المحوسبة) اقترح تورينغ عدد محدود من القيود على ممارسة عملية الحوسبة. وتحتم هذه القيود وجود صفتين جوهريتين: **الأولى**، أن تتسم بمستوى من الشمول بحيث يكون صدقها بيناً بذاته بالبداهة؛ **والثانية**؛ أن تكون قابلة للحوسبة في بيئة الآلة التي ابتكرها تورينغ، فالتصق اسمها باسمه.

الشكل الرقم (١ ـ ١)

وصف المقدمات المنطقية والاستنتاج الذي جاء به تورينغ لوصف قدرتنا على ممارسة عملية الحوسبة



وعندما أراد تورينغ تحديد القيود والمحددات التي تشكل عائقاً على أي عملية محوسبة لظاهرة من ظواهر العالم الذي نقطن فيه، وضع نصب عينيه مجموعة من الأمور التفصيلية التي شملت المحدّدات التالية:

• المحدد الأول هو الذي ارتبط بمفهوم الجبرية، حيث يرتبط سلوك الحاسوب البشري في أي لحظة من اللحظات بحجم وطبيعة الرموز التي طرحت لمعالجاته، من جهة، والحالة المحوسبة التي بلغها في اللحظة ذاتها، من جهة أخرى، لأن عدد الرموز المطروحة لعملية الحوسبة ستحدّ من قدرة الحاسوب على التعامل معها، يضاف إليها مستوى جهوزية حواسّنا وأدواتنا، ومحدودية المشهد البصري الذي يمكن أن تتعامل معه آلتنا العقلية المحوسبة.

• إن عدد الحالات العقلية الجاهزة لعملية الحوسبة ليست لانهائية بسبب حصول كف أو ذهول عن بعضها لأي سبب من الأسباب الطبيعية أو الطارئة، الأمر الذي يؤثر في قدرة الحاسوب البشري على تناول المزيد من الرموز وإضافتها إلى حصيلة المعالجات التي يمارسها.

• إن آلات تورينغ الحاسبة وغيرها من الأنساق المحوسبة ليست سوى كيانات وأنساق مفاهيمية لمعالجات تجريدية تستمد مشروعيتها من البيئة الرياضية التي تحفل بالرموز والمعادلات المجردة، شأن الفضاء الإقليدي الذي ما زلنا ملتصقين به، أو الفضاء اللاإقليدي الذي بدأنا القبول بالتعامل معه في العصر الراهن[٤٦].

أي أن ما نود تأكيده هو عدم حضور آلة تورينغ في ساحة الزمان والمكان التقليدي لعالمنا الواقعي، بيد أن حضورها ضمن النسق المحوسب يعدّ ضرورياً لأنه يسهم إلى حد كبير في توجيه مسارات المعالجات المحوسبة التي نسعى إلى تحقيقها على عناصر عالمنا المادي بمختلف أشكالها وتجلياتها.

ورغم النتائج المهمة التي ساهمت نظرية تورينغ بترسيخ حضورها أمام تحديد معالم المعالجات المحوسبة التي يمكن أن يكتب لها النجاح على أرض الواقع، فوجّهت مساراتها على أرض صلبة ومنعتها من التّيه في مسارات قد لا تؤتي ثماراً. فإنها في الوقت نفسه قد حدّت من فرص الوثبات الخلاقة التي يمكن للعقل البشري أن يمارسها بين الحين والحين، فيتجاوز حدود الجبرية الميكانيكية، التي أرسينا حدودها

(٤٦) Schweizer, «Physical Instantiation and the Propositional Attitudes».

من خلال مقايساتنا العقلية على خصائص الآلة المميكنة في لحظات ذهول مؤقت عن حقيقة القدرات الكامنة في ذاتنا البشرية الخلاقة.

٤ ـ الحساب والحوسبة: مقاربة مفاهيمية

استعار الحاسوب اسمه من العمليات الحسابية التي مارسها على المتغيرات العددية، فشكّل وسطاً داعماً للإنسان في التعامل مع حزمة من الأرقام والبيانات العملاقة التي تستغرق منه زمناً طويلاً لإنجازها.

ثم ظهرت الحاجة إلى زج الرموز الجبرية، والصيغ الرياضية المعقدة لمنح الحاسوب فرصة أكثر شمولاً في التعامل مع نماذج رياضية أشد تعقيداً، وإجراء سلسلة متكررة من حلقات الحساب، لضمان توسيع مستوى قدراته، ولتجنب تكرار المهام الروتينية بنمط سريع.

وقد ابتكرت خلال العقود المنصرمة مجموعة من اللغات البرمجية، التي كانت بداياتها ملتصقة بلغة الماكنة، التي لا توفر للمستخدم فرصة للتواصل مع الحاسب إلا من خلال أبجديتها الجامدة، والمعقدة، باتجاه لغات، باتت تقترب تدريجياً من اللغة الطبيعية التي نتداولها في خطابنا اليومي.

ثم جاءت البرمجة الشيئية لتوفر مناخاً متخيلاً، أكثر سهولة من ممارسة وتدوين الإيعازات البرمجية المعقدة، وأصبحت خصائص الكائن البرمجي، والإجراءات الملحقة به تمارس دوراً جوهرياً في تشكيل النسق المنطقي والإجرائي للبرنامج الذي نعدّه لإجراء مهام محددة.

بيد أن التطورات المتلاحقة على صعيد تحليل عناصر الإدراك، وسبر غياهب العقل البشري، والتنقير في خارطة آلياته المعقدة، والعصيّة على الفهم، في بعض الأحيان، قد أسهمت في استيطان معالجات المعلومات في موقع دائم على تربة هذه العلوم، بعد أن عمّقت شراكاتها، ورسّخت علاقتها مع كثير من المبادئ التي سادت في بيئة الادراك، وبيئة المعلومات التي تسعى بكل ما أوتيت من قوة إلى محاكاتها، والنهل من مواردها الخصبة[٤٧].

---

(٤٧) Gualtiero Piccinini and Andrea Scarantino, «Computation Vs. Information Processing: Why their Difference Matters to Cognitive Science,» *Journal of Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 41 (2010), pp. 237-246.

وهنا يطرح علينا تساؤل مشروع حول مدى التقارب بين معالجات البيانات والمعلومات التي يمارسها الحاسب بخوارزمياته ولغاته البرمجية التي يصعب حصرها، وبين المعالجات الذكية المحوسبة؟

وتحاول المعالجة التبسيطية مطابقة دلالة المعالجات المعلوماتية مع عمليات الحوسبة، وتستبعد وجود أي فروق جوهرية بين هذين المفهومين. بيد أن المعالجة المتأنية لعناصرها تؤكد وجود فروق جوهرية لا يمكن تجاهلها، رغم وجود علاقات متينة، وحميمة بين هذين المفهومين اللذين توجد بينهما كثير من القواسم المشتركة.

لقد أسهمت النجاحات المتلاحقة في توظيف النماذج الرياضية في وصف الكثير من الظواهر الطبيعية، والنظم الوضعية في ترسيخ القناعة لدى الكثيرين في إمكانية إنشاء أنموذج كوني لوصف جميع متغيرات عالمنا، متى توافر لدينا فهم راسخ بعناصر الظواهر التي تسوده، ونجحنا في تتبع شبكة العلاقات التي تربط في ما بينها، وحصلنا على كمية كافية من البيانات لتقييم نتائج الأنموذج الذي سننشئه لوصف المشهد الكوني مهما بلغ مستوى التعقيد الذي يسود بيئته.

بيد أن هذا الحلم لم يدم طويلاً، بعد أن برزت أمامنا عقبة التعقيد المفاهيمي نتيجة تشابك آثار التغيرات على عناصر النظم المعقدة، بحيث تراجعت دقة النماذج المعقدة عن تلك التي تم تحقيقها في نماذج أصبحنا نعدّها نماذج بالغة البساطة، وبدائية، عندما نقارنها بالخطاطة الرياضية والمنطقية التي بلغتها العلوم الرياضية والمنطقية عند النصف الثاني من القرن العشرين.

لقد بات واضحاً لدينا أن هناك حضوراً أكيداً لنمط من «التعقيد الاندماجي» (Combinatorial Complexity) الذي نشب عن تطور أدواتنا المعاصرة، وتغلغل مجسّاتها غير المسبوق إلى أعماق سحيقة من بشرة الظواهر الكونية، بحيث لم تعد النماذج الرياضية النيوتونية في الفيزياء، أو الأنموذج الإقليدي في الهندسة قادريْن على التعامل مع النظم المعقدة التي ولدت نتيجة للتطورات المتلاحقة في علومنا الرياضية والتقنية[٤٨].

وقد ازداد المشهد تعقيداً بعد أن بدأت أدوات المعلومات والحوسبة تزحف ببطء باتجاه مفردات حياتنا اليومية، وتبتلع تدريجياً حقول معرفية جديدة، شملت تحليل

(٤٨) Leonid Perlovsky, *Neural Networks and Intellect Using Model-Based Concepts* (Oxford: Oxford University Press, 2001).

الخطاب، والسعي إلى بلوغ تقارب بين «لغة الماكنة» (Machine Language) و«اللغة الطبيعية» (Natural Language). فعندئذ لم تعد البيانات الميدانية كافية لتلبية حاجاتنا، كما أن ظاهرة الانفجار على صعيد التعقيد الاندماجي في عناصر النماذج الرياضية الجديدة لم تعد تسمح لنا باستخدام منطقنا الرياضي التقليدي، ولا الأنساق الرياضية التي سادت نماذجنا السابقة، لقد أصبحنا أمام عقبة معرفية (بحسب نظرية المعرفة المعاصرة التي جاء بها غاستون باشلار) تحتّم علينا تجاوزها في جدلية رياضية/ منطقية من نمط جديد.

ومن هنا كانت بدايات الذكاء المحوسب، وآليات الحوسبة الذكية التي سعت إلى احتواء غياب الدقة في المتغيرات، وتجاوزت عقبة النماذج المعقدة التي قد يفرض الواقع حضورها بواسطة عمليات التدريب والمران المتكيّف للشبكات العصبونية، وغيرها من الآليات المبتكرة لكي تكون قادرة على مجاراة متطلبات عصر تعصف به متغيرات متباينة، وغاب عنه البرزخ الذي ظل لحقب زمنية طويلة يفصل بين البيئة الفيزيائية الوضعية التي هيمنت عليها النماذج والأنساق الرياضية، وبين عناصر حياتنا اليومية التي كانت حقلاً لعلوم الفلسفة، والاجتماع، والتاريخ، وعلوم إنسانية أخرى، بعد أن أصبحت عناصرها مادة لنماذج محوسبة تسعى إلى التعامل مع الواقع دون اقتراح فرضيات مسبقة، أو إعادة تشكيل عناصره وفق نماذج وضعية تقسر الواقع بالرضوخ لها لضمان قدرة نماذجنا الرياضية على التعامل معها، وحوسبة مادة عناصرها.

٥ ـ الحوسبة بالكلمات (Computing with Words)

ترتبط كلمة الحساب والحوسبة (في أذهاننا) بسلسلة عمليات تمارس بواسطة حاسبة رقمية على مجموعة من المتغيرات العددية والرموز الرياضية. أما على المستوى البشري فلا تقتصر عملية الحوسبة على الأرقام والرموز لأننا نزج في حساباتنا ومقايستنا المنطقية، الكلمات فنصف الكميات بكلمات ندرك من خلالها خصائص الواقع الذي نتعامل معه.

وإذا كانت تقنية المعلومات والاتصالات قد قفزت بقدرات آلاتنا ومنحتها فرصة إجراء سلسلة من العمليات الحسابية خلال مدة زمنية قصيرة جداً، فإنها قد أسهمت في حدوث قفزة مفاهيمية جديدة للتعامل مع العناصر الجديدة التي أقحمت في البيئة المحوسبة بعد النجاحات التي تحققت في ميادين عدة.

بصورة عامة يتوافر في بيئة هندسة المعرفة مستويان لإجراء عمليات الحوسبة التي تمارس في وقتنا الراهن[(٤٩)]:

المستوى الأول: «الحوسبة بالأرقام» (Computing with Numbers (CN)) حيث تمارس الأرقام عملية نقل المعلومات التي تصف مجموعة المتغيرات السائدة في حياتنا اليومية للآلة الحاسبة.

المستوى الثاني: «الحوسبة بالكلمات» (Computing with Words (CW)) حيث تنقل المعلومات بواسطة الكلمات والأرقام من خلال سلسلة من القواعد المنطقية والعلاقات إلى آلة الاستدلال المعرفي في البيئة المحوسبة.

تمتد فروع جنين البذرة الأولى لنهج الحوسبة بالكلمات بعد نشر الدراسة الأولى لمبتدع المنطق المضبب لطفي زاده عام ١٩٧٣ بعنوان «الاطار العام لنهج جديد لتحليل النظم المعقدة وعمليات صناعة القرار». وقد رسّخ هذا النهج الجديد حضوره في بيئة الحوسبة اللّينة على التوازي مع المنطق المضبّب، فبدأت المحاولات الرائدة لتأسيس نهج بدأ بتحديد معالم نسقه المفاهيمي الجديد.

الحوسبة بالكلمات نهج جديد استحدث لتوظيف الكلمات في عمليات الاستدلال والحوسبة بدلاً من الأرقام التي هيمنت على عمليات الاستدلال الرياضي لدى الكائن البشري[(٥٠)]. وقد برز هذا النهج لتلبية حاجات المنطق المضبّب التي لم يعد المنطق الأرسطي والمتغيرات العددية قادرين على توفير بيئة متماسكة لعملية الاستدلال المنطقي المصاحب لنظرية المعرفة المعاصرة.

ويطلق على المفهوم الذي يؤدي دوراً محورياً في عملية الحوسبة بالكلمات اصطلاح «الحبيبة» (Granule) المعلوماتية. والحبيبة كيان معلوماتي يتألف من مجموعة من «الجسيمات الأولية» (Particles)، التي يجمعها فضاء معرفي مشترك تتحدد ملامحه من خلال مجموعة من المفاهيم التي تقيمها الجسيمات الأولية في ما بينها نتيجة للمجاورة المكانية، أو التقارب، أو الالتحام بالخصائص والمميزات.

---

(٤٩) Stuart Rubin, «Computing with Words: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B,» *Cybernetics*, vol. 29, no. 4 (August 1999).

(٥٠) Smita Rajpal, «Generalization of Computing with Words and Vague Logic,» *International Magazine on Advances in Computer Science and Telecommunications*, vol. 2, no. 1 (May 2011), pp. 27-30.

تتألف الحُبيبة المعلوماتية من كتلة قوامها مجموعة كيانات رقمية تربطها خاصية مشتركة تجعل من مادة هذه الحبيبة وسطاً مناسباً لمعالجات ترتكز على المنطق التقليدي، أو المنطق المضبّب الذي يستخدم بكثافة في عمليات الحوسبة بالكلمات(٥١).

ويمكن إنشاء أنموذج الحبيبة المعلوماتية لفضاء معرفي محدد، وتمثيله رياضياً، بواسطة «مصفوفة» (Matrix) متغيرات، تحتوي على مجموعة من الصفوف والأعمدة، وتستوعب مجموعة من الأوصاف المعجمية التي وقع الاختيار عليها، بعناية، لكي تتوافق مع المعالجات المنطقية لنهج الحوسبة بالكلمات.

ويمكننا القول إن هذا النهج يعد محاكاة للاستدلال المعرفي البشري، حيث نميل بحكم المنطق الداخلي لذواتنا إلى التعامل مع الكلمات في صوغ أنموذج التعامل مع الواقع اليومي، فتختلط لدينا الكلمات مع القيم العددية للمتغيرات، لنصنع بواسطة هذا الخليط غير المتجانس قراراً نتعامل من خلاله مع الواقع بواسطة الكلمات، فنبلغ الغايات التي نروم الوصول إليها.

وعند هذه النقطة يتحقق الالتقاء بين نهج المنطق المضبّب والحوسبة بالكلمات بعد أن ابتكر لطفي زاده المجموعات المضبّبة، و«المتغيرات اللغويّة» (Linguistic Variables)، وعملية إنشاء الحبيبات المعلوماتية بمختلف أشكالها.

تستخدم الكيانات الحبيبية في بيئة الحوسبة بالكلمات، والتي يسودها فضاء معرفي يتسم بغياب الدقة واللايَقين حيث يبرز الصدق المتحيّز بدلاً من الصدق القطعي الذي ارتكزت عليه آلة المنطق الأرسطي. وتوظف الحبيبات في بيئة «الحوسبة الحبيبية» ((Granular Computation (GrC)) حيث تستخدم مجموعة من النظريات، والمناهج، والتقنيات، والأدوات التي تستثمر حضور الحبيبات والعلاقات الداخلية التي تربط بين جسيماتها في حل المسائل وتجاوز العقبات المعرفية بمختلف ميادين الفكر المعاصر.

وتعد هذه البيئة المحوسبة من الأنساق المعرفية الجديدة التي بدأت بالانتشار التدريجي في مجال المعالجات المعلوماتية، وتُعنى بمعالجة الكيانات المعلوماتية التي تسود نسيج مادتها سمة التعقيد وغياب الوضوح.

(٥١) Santiago Aja-Fernández and Carlos Alberola-López, «Fuzzy Granules as a Basic Word Representation for Computing with Words,» paper presented at: SPECOM, 9th Conference: Speech and Computer, Saint Petersburg, Russia, 20-22 September 2004.

إن تفوّق آلة الاستدلال البشري على الآلة المحوسبة (التي تحاول محاكاتها) يكمن في قدرة الكائن البشري على ممارسة المقايسات المنطقية وصناعة القرار في بيئة تسودها اللغة الطبيعية بصورة تامة، بينما ما زالت عملية الحوسبة بالكلمات تفتقر إلى حضور المتغيرات العددية في عملية إنشاء الأنموذج المفاهيمي، وممارسة سلسلة من المعالجات على المتغير اللغوي والرياضي لبلوغ مستوى مقبول، من المنطق المتماسك الذي يمكن توظيفه في صناعة القرار داخل حدود البيئة المعرفية التي يسود نسيجها المعرفي تعقيد كبير.

بصورة عامة، تتألف مجاميع البيانات الابتدائية، والنهائية (Terminal Data Sets and Initial IDS and TDS) (في بيئة الحوسبة بالكلمات) من مجموعة قضايا ومسائل تستخدم اللغة الطبيعية في التعبير عن مضامينها. وتترجم هذه القضايا إلى قضية شرطية في بنية منطقية، ونتيجة لازمة للقضية في ظل محدد أو مجموعة محددات. ويصار إلى انتخاب محددات نتيجة القضية في ضوء الآثار المحتملة عن محددات القضية الشرطية، ومن خلال استخدام قواعد تحدد معالم مستوى حضور المحددات. وتعاد ترجمة المحددات المشتقة إلى الخطاب السائد في اللغة الطبيعية، لينتج منها مجموعة البيانات النهائية للمعالجة المحوسبة. وتكاد تتطابق قواعد المحددات التي تسود بيئة الحوسبة بالكلمات، مع قواعد الاستدلال التي تستخدم بكثافة في بيئة المنطق المضبّب.

بصورة عامة، تشخص عقبتان أساسيتان قبالة معالجات الحوسبة بالكلمات: **الأولى**؛ أن عملية الحوسبة بالكلمات تكون ضرورة حتمية عندما تكون البيانات المتوافرة بين أيدينا غير دقيقة ولا ترتقي مضامينها إلى مستوى مقبول يجعل من مادتها صالحة للاستخدام في الصيغ والمعالجات الرياضية لصناعة قرار رشيد؛ **والثانية**، عند وجود مستوى من السماحية بمستويات غياب الدقة، والتي يمكن أن يتم استغلالها لتحقيق مستوى مقبول من: القدرة على الحل، والتماسك، مع بلوغ حلول بأقل كلفة ممكنة وبأفضل علاقة مع الواقع.

الفصل الثاني

البيانات والمعلومات:
مادة الخطاطة المحوسبة

مقدمة

سنبدأ رحلتنا مع المعلومات بوصفها البنية الأولية لخطابنا المعرفي المعاصر. ولن تكون مهمتنا يسيرة لأن ثراء القدرات التي تتمتع بها المعلومات، والسلطة التي أحكمت بها قبضتها على جلّ مسارات خطابنا المعرفي المعاصر (وبمختلف أنماط حضوره) انعكست آثارها بوضوح على دلالتها الاصطلاحية.

إن التحوَلات المفاهيمية التي فرضتها البيئة المعلوماتية، اتسمت بكونها تغييرات جوهرية وشاملة، الأمر الذي لم يعد يتطلب منا إعادة قراءة الحصيلة المعرفية من البيانات والمعلومات المتراكمة أمامنا، فحسب، ولكن أيضاً تجديد أدواتنا المفاهيمية، مع إحداث تحوّلات جوهرية على صعيد منظور المعالجة والتنظير.

أولاً: تحليل مفاهيمي للبيانات والمعلومات

إذا راجعنا البنى الاشتقاقية لكلمة البيانات (Data) سنجدها صيغة جمع لكلمة «Datum» اليونانية التي تدلّ على شيء ما. وعندما نتناول المسائل ذات الصلة بالهندسة، والرياضيات، والعلوم الحديثة، فإن اصطلاح البيانات يستخدم على التوازي مع معطيات تمتلك قيمة محددة[1].

وقد استقرت هذه الدلالة في بيئة علوم الحاسبات والحوسبة، فأضحت البيانات مجموعة متنوعة من المتغيرات العددية، والكلمات، والصور، والمتغيرات الكمية. ويمكن للبيانات أن توصف كقيمة لخاصية قابلة للملاحظة، ويمكن قياسها أو احتسابها بطرائق كمية.

---

(١) F. Kazeem and O. Sharon, «The Epistemological Implications of the Nexus between Data and Information,» *LASU Journal of Humanities*, vol. 6 (2009), pp. 39-47.

بمعنى آخر فإن البيانات يمكن أن تعد مظهراً لحقيقة أو إحصائية تستخدم كمرجعية أو كتحليل مفاهيمي لنسق محدد. وعلى هذا الأساس يمكن تعريفها بأنها مجموعة من الحقائق والأرقام التي يتم جمعها واستقصاؤها للاختبار، والسبر، والتحليل لإنتاج مفهوم معرفي يدعم صناعة قرار، أو تصبح قابلة لسلسلة من المعالجات الرقمية لتتحول إلى مادة يمكن خزنها واسترجاعها بواسطة أدوات الحوسبة التقليدية أو الذكية.

بيد أن هذا المفهوم يجعل البيانات مقصورة على المتغيرات العددية، والحقائق التي تقاس بمقاييس كمية، وهو ما يسهم في إقصائها عن دائرة العلوم الإنسانية والاجتماعية، فيغيّب اصطلاح البيانات عن المتغيرات الوصفية التي تشكّل مادة هذه العلوم.

ونرى، بدورنا، أن تقنيات الحوسبة الذكية لم تعد تضع حاجزاً يفصل بين العددي والوصفي، بعد أن توافرت مجموعة من التقنيات الرقمية التي تمتلك القدرة على معالجة المحتويين الوصفي والكمي للبيانات. لقد انبسط سلطان البيانات وتوسعت دائرة دلالتها، بحيث شملت جميع أشكال المعطيات التي يحفل بها عالمنا من دون تفرقة بين ما هو عددي أو وصفي.

ويمكن معالجة المعلومات بالطريقة نفسها بوصفها وسيلة توظّف لإثارة وبثّ أنماط مختلفة من الاستجابة تجاه الأشياء، والمبادئ، والخبرات، والأحداث التي تحيط بنا. وهي في الوقت ذاته الحصيلة الحتمية لمعالجة البيانات التي تصف الأشياء المحيطة بنا، وعناصر تجاربنا، وهي الوسط الذي يتم بواسطته ترسيخ الفهم وإدراك الوقائع التي تحيط بنا.

وخلاصة القول إن البيانات كيان مجرّد عندما لا ننشئها لتحقيق غاية محددة أو لصناعة قرار، والمعلومات، من جانب آخر، هي بيانات قد عولجت وفق خطاطة معرفية يمكن أن ينتج منها معنى نهدف من خلال بيان مفرداته، بلوغ غاية محددة.

١ ـ البيانات

شاع استخدام اصطلاح البيانات بوصفها بياناً لحقيقة أو مفهوم، أو أمر من أمور الواقع وفق نمط يجعل من مضمونها صالحاً لمنح الكائن البشري القدرة على ممارسة فعل: التواصل، أو التفسير، أو المعالجة بصورة مباشرة، أو بواسطة أداة يوظفها لسبر مضامينها.

ويمكن أن نتلمس ثلاثة مظاهر جوهرية تستوطن في نسيج البيانات ولحمتها، وتسهم ـ في الوقت ذاته ـ في منحها القدرة على ممارسة جملة من الأنشطة، منها:

• توثيق جملة من الحقائق الموضوعية التي تصف الكيانات المقيمة حولنا وصفاً دقيقاً نكاد نتفق جميعاً على فهمه، وعلى أساس مبادئ الحس العام التي يتمتع بها الكائن البشري.

• وصف المبادئ والمفاهيم كما تتجلى على أرض الواقع، من دون أن تلتزم بمعايير الدقة، والصحة، لتصبح مادة خصبة لتفسيراتنا وتأويلاتنا التي توظف فيها جملة متنوعة من الآليات التي ترتبط بهوية الفرد ورؤيته التي تنبع من خطاطته المعرفية الذاتية.

• استخدام هياكل وبنى مفاهيمية متنوعة لضمان نقل محمولاتها، بحيث تكون صالحة لنقل المضامين، وتدوين الوقائع والمبادئ، وبما يضمن تحقيق مستوى مقبول من التواصل مع الغير.

وفي جميع الحالات، تبرز أمامنا الفرضيات الآتية عندما نحاول الشروع بالتعامل مع البيانات لنمارس عمليات التنقيب عن الدلالات والمعاني المودعة في مادتها:

ـ أنها حقيقية استمدت من الواقع، وقد نشأت عن تدوين أو توثيق أحداث أو كيانات يمكن قياسها ووصفها.

ـ أنها تسجّل حالات محددة من الواقع الذي نستوطن فيه.

ـ ليس من الضروري أن تكون البيانات حقيقية أو دقيقة نتيجة لاختلاف الأدوات المستخدمة لجمعها واستقصائها.

ـ قد تكون البيانات عبارة عن مدوّنات تعبّر عن آراء شخصية، ولا يمكن أن تعدّ حقائق ثابتة يمكن الركون إلى مادتها بسبب غياب العناصر الموضوعية التي تدعم صدق محتواها.

ـ يمكن التأكد من دقتها وموضوعيتها بمراجعة الواقع أو الوقائع.

ـ أن البيانات هي المورد الأساسي الذي يجعل من المعلومات مورداً واضحاً وصريحاً.

ـ ليس من الضروري أن تمتلك معنى قائماً بذاتها، لأنها قد تستمد معانيها من خلال الرؤيا التي نتعامل معها، فنضفي المعاني عليها عبر أنموذج المعالجة والتحليل لمضامينها.

ووفق هذا الأنموذج المفاهيمي، نتوقع أن تصاغ مجموعة متنوعة من التعريفات الاصطلاحية، لوصفها وترسيخ حدودها الاصطلاحية كي تتلاءم مع رؤيتنا لطبيعة الدور الذي يمكن أن تمارسه، أو المعاني التي تستودع في مادتها. ولعل التعريفات التالية هي الأهم والأكثر شيوعاً في هذا المضمار:

- البيانات تمثل حقائق تفتقر إلى بنية.

- البيانات مجموعة من الحقائق التي جمعت من مشاهدات أو مدونات حول أحداث محددة أو كيانات، أو أشخاص.

- البيانات (وفق منطق اللغة الطبيعية) مجموعة معطيات تضم حقائق يمكن أن تستمد منها المعلومات بواسطة آليات الاستنباط والتخمين، وهي (وفق علوم الحاسوب والمعالجات الرقمية) حزمة علامات وسيل من الرموز التي تنتقل على شكل نبضات في منظومات الاتصالات.

- البيانات هي المادة الخام للحياة المنظماتية، تتألف من أرقام، أو كلمات، أو رموز، أو مقاطع منفصلة، ذات صلة بالحوادث والعمليات التي تسود بيئة التجارة والأعمال.

- البيانات مجموعة من الحقائق والمبادئ والمشتقات أعدت بصيغة يمكن نقلها عبر أدوات الاتصالات والمعالجات الرقمية.

من هنا يتبين لنا أن البيانات عبارة عن خليط أوّلي تتألف مادته من عناصر الواقع ومعطياته، وهي مادة خام تتميز بتوافر أكثر من فرصة لمعالجتها، وفق رؤية مستبصرة، يمكن أن تعيد تشكيل مادة محتواها، فتحيل عناصرها الأولية إلى معانٍ ودلالات تمتلك بعداً معرفياً، و/ أو قيمة اقتصادية مضافة.

٢ ـ المعلومات

أضحى اصطلاح المعلومات من المبادئ العولمية المعاصرة، ونجح في توحيد مسارات توجهاتنا المفاهيمية في ميادين العلوم الصرفة والعلوم الإنسانية، بعد أن ارتبط

بوشائج متينة مع جملة من الأنساق الرياضية التي تسعى إلى بيان هويتها، وتحليل العناصر التي تتألف منها مادتها.

وقد تعمّق ارتباط هذا الاصطلاح مع جملة من المفاهيم ذات الصلة بوصف وعرض مادة المحتوى ونقلها عبر الوسائط الرقمية، وخزنها، واسترجاعها، وتقطير محتواها المعرفي بقصد استثماره لتشكيل وسط بيني يتسم بالذكاء ويمتلك القدرة على إصدار احكام خبيرة إزاء مواقف محددة.

تعود البدايات الأولى لولادة اصطلاح المعلومات إلى الأصول اللاتينية، حيث استخدم الفيلسوف شيشرون كلمة «Informare» ليوطد النهج الأبيقوري في وصف التوقع والحدس الاستباقي. وبقي الاصطلاح حبيساً في حدود فكر شيشرون حتى نالته يد جديدة في القرون الوسطى على أرض الفرنجة، فأحدثت فيه تحولاً مفاهيمياً من نمط جديد، فأضحت كلمة «Information» تستخدم لتدل على أكثر من معنى، مثل: الاستكشاف والتحري، والتعليم، والفعل الذي يمارس لإعلام وتبليغ الغير والتواصل معهم بمفردات المعرفة(٢).

لم يلق اصطلاح المعلومات اهتماماً وعناية كافيين لدى الفلاسفة والمهتمين بالعلوم، فبقي حبيساً في متون القواميس في انتظار من سيوظفه في ميدان جديد، أو يبقى مع مفردات أخرى قد لا تجد من يعمد إلى إدراجها في خطابه الفلسفي أو العلمي.

وعاد اصطلاح المعلومات ثانية إلى دائرة الاستخدام، بعد أن وطّد علاقة متينة مع اصطلاح «الترميز والتشفير» (Coding) فوجد له مكاناً في مجال التطبيقات العسكرية، حيث ترمز الرسائل لتتجاوز قدرة الخصم على معرفة ما أودع فيها من محتوى، واستمر استخدام هذا الاصطلاح لغاية هذا التاريخ وأضحى مفهومه مرتبطاً ببيانات استخبارية صرفة. ونتلمس الأمر واضحاً بالنص الوارد في كتاب **حقائق العالم** *(World Fact Book)*، الذي يصدر سنوياً عن وكالة الاستخبارات المركزية الأمريكية (CIA) ويتم تعريف المعلومات وفق النهج العسكري الاستخباراتي. فالمعلومات كانت لدى هذه الوكالة عبارة عن بيانات خام يمكن الظفر بها من أي مورد، أو بيانات متشظية ومتفرقة، أو متناقضة، أو غير واقعية، أو ملتبسة يشوبها غموض، أو خادعة، أو قد تكون خاطئة. ويكون دور الاستخبارات في تجميع البيانات، وتوحيدها، وتقييمها، وتحليل محتواها،

---

(٢) Dov Gabbay, Paul Thagard and John Woods, *Handbook of the Philosophy of Science* (Amsterdam: Elsevier, 2008).

وتفسيرها لتحويلها إلى معلومات استخباراتية يمكن أن تستثمر في صناعة القرارات الاستراتيجية.

بعدئذ تحولت عملية الترميز إلى ميدان تطبيقات الترميز الرياضي في بداية القرن العشرين على يد مجموعة من علماء الرياضيات والإحصاء مثل «سولومونوف» (Solomonoff) و«شايتين» (Chaitin) اللذين ابتكرا طريقة جديدة لقياس محتوى المعلومات بدلالة الترميز الأمثل الذي يجرى في آلات الحوسبة الترميزية. ثم جاء فرانز شانون وصدع بنظريته التي نجحت في التعامل مع المعلومات بوصفها عنصراً يمكن قياس محتواه بأساليب كمية دقيقة. وبذلك اكتملت دائرة التحول من دائرة العلوم الفلسفية الصرفة إلى ميادين التطبيقات الرياضية والكمية (رياضيات، وفيزياء، وعلوم حاسوب).

وإذا أردنا أن نصل إلى الأرضية المفاهيمية لموارد اصطلاح المعلومات، سنجد أن هناك رابطاً وثيقاً بين دلالة هذا الاصطلاح والتعريف الذي اعتمد لبيان دلالة البيانات من جهة، وآلية إنتاج المعلومات من البيانات من جهة أخرى، هل توظف فيها أدوات المعالجة الرقمية، أم أنها تشمل أي نمط من أنماط المعالجة المفاهيمية، سواء استخدمت فيها أدوات منطقية، أو رياضية، أو رقمية؟

وعلى هذا الأساس، سنجد أمامنا مجموعة متنوعة من التعريفات التي تقع كل منها في دائرة ضوء الرؤية التي أسهمت في معالجة دلالة الاصطلاح. فإذا كانت المعلومات نتاجاً لمعالجة تمارس بواسطة أدوات الحاسوب أو الحوسبة على البيانات، حينئذ ستبرز أمامنا المسائل الآتية[٣]:

- سترتبط قيمة المحتوى المعرفي للمعلومات بمحلل النظم المعلوماتية الذي قرر ما يريده من حصيلة المعالجة الرقمية للبيانات، مستبعداً أي نمط من العلاقة الحميمة بين «المتلقي» (Recipient) والمحتوى.

- تسهم عملية معالجة البيانات في إيجازها لتقليص حجمها.

- تلعب عملية معالجة البيانات (التي تشمل: تصنيف البيانات، وربطها ببعضها، وتبويبها، وبسطها) دوراً فاعلاً في إضافة قيمة معرفية ومعانٍ جديدة إلى مادتها.

(٣) J. Machta, «Entropy, Information, and Computation,» Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts (1999), <http://tnt.phys.uniroma1.it/twiki/pub/TNTgroup/AngeloVulpiani/machta.pdf>.

أما على الطرف الآخر الذي يجعل للمتلقي دوراً هاماً في إضفاء المعاني على البيانات لتحويلها إلى معلومات، فتشخص أمامنا مسائل من نمط آخر(٤):

ـ تتحول البيانات إلى معلومات متى أصبحت موضوعاً للفهم لدى المتلقي، وأن جميع مخرجات المعالجات المحوسبة ليست أكثر من كونها بيانات ولن ترتقي بأي حال من الأحوال (على صعيد القيمة المعرفية) ما دامت بعيدة من المتلقي.

ـ تنشأ القيمة المضافة التي تمتلكها المعلومات، مقارنةً بالبيانات، نتيجة للدور الذي يمارسه المتلقي في إدراك المحتوى المعرفي لمادتها وتكاملها مع حصيلته المعرفية الذاتية.

ـ يذهب البعض إلى أن ارتقاء البيانات إلى مستوى المعلومات لن يتم ما لم يستخدمها المتلقي في صناعة قرار، وإلا فإنها ستبقى حبيسة خاصية البيانات.

ـ ذهب البعض الآخر إلى أن البيانات تتحول إلى معلومات متى تضمنت أموراً قد أدركها المتلقي في أزمنة سابقة.

ونرى ـ بدورنا ـ أن هذه التعريفات عالجت الدلالة الاصطلاحية للمعلومات من خلال منظور تعاملها مع مواردها، وآليات إنتاجها. لكن هذه المحاولات بحاجة إلى رؤية متعالية ترى في البيانات تعبيراً عن مستوى معرفي يتحدد بمجال استخدامها. بمعنى آخر فإن هويتها تمر بصيرورة دائمة إذ إن البيانات تتحول إلى معلومات متى أضفي عليها قيمة مضافة على المستويين المعرفي أو المادي. بيد أن اختلاف حاجات المتلقي، ومدخلات المعالجة قد تحيل جوهرها وترقى به، فتنتقل من مرتبة البيانات إلى مرتبة المعلومات بعد أن أضحت مادة أولية لمعالجات جديدة، تسعى إلى أن تنتج منها قيمة مضافة من نوع جديد، فتصبح نتاجاً مستحدثاً (معلومات) لمتلقٍّ جديد.

٣ ـ العلاقة بين البيانات والمعلومات

تفرض علينا عملية التحليل، التي مارسناها على الدلالة الاصطلاحية للبيانات والمعلومات، إعادة قراءة طبيعة العلاقة القائمة بين عناصرهما، إذ إن النص، بوصفه معطى خاماً لمعالجات الحوسبة الذكية، تم تفكيكه إلى عناصر تتألف مادتها من الكلمات المودعة فيه.

---

(٤) Nagib Callaos and Belkis Callaos, «Toward a Systemic Notion of Information: Practical Consequences,» *Informing Science*, vol. 5, no. 1 (2002).

وإذا أردنا أن نخطو الخطوة الأولى نحو فحص طبيعة العلاقة القائمة بين البيانات والمعلومات، سنكون بحاجة إلى اختبار هوية هذه العلاقة، هل هي «علاقة متناسقة» (Symmetrical) أم هي «علاقة غير متناسقة» (Asymmetrical)؟

بداية، يمكننا القول إنه يمكننا أن نطلق سمة التناسق على هذه العلاقة متى كانت هناك علاقة معنوية بين البيانات والمعلومات، وأن هناك العلاقة ذاتها بين المعلومات والبيانات. أما إذا كانت هناك علاقة قائمة بين البيانات والمعلومات بينما لا توجد علاقة بين المعلومات والبيانات، فيطلق على هذا النمط من العلاقات اصطلاح علاقات غير متناسقة. بمعنى آخر هل يمكننا القول إنه بدون البيانات الخام لن يمكننا الحصول على المعلومات؟ أو أن المعلومات الموجودة بين أيدينا يمكن أن تمر بتحوّل فتنقلب إلى بيانات؟

ولكي تستند إجابتنا إلى أرضية مفاهيمية متناسقة، ومتينة، سنجد أنفسنا ملزمين بإعادة قراءة المفاهيم، فالبيانات ـ كما أسلفنا سابقاً ـ مجموعة من العناصر التي التقطت من معطى خام، وأودعت في قواعد بيانات مع مجموعة من العلاقات والإحصاءات المستنبطة من داخل مادة المحتوى. ومتى نجحت معالجاتنا الذكية في إيجاد علاقة بين مادة البيانات وما يصاحبها من متوسطات تكرار حضورها داخل النص، ومستوى ترابطها مع مفردات أخرى، داخل النص، وخارجه، سنكون قد حولنا هويتها من بيانات إلى معلومات تبسط أمامنا مشهداً يتسم بالتناسق، وتتماسك حقائقه مع بقية أشكال المحتوى المعرفي التي تناولتها معالجاتنا.

ونود التنويه أن المعالجة التي سنمارسها على البيانات المودعة في قواعد البيانات الذكية لا يمكن أن تعد نتائجها مطلقة، كما أنها لن تمثل بأي حال من الأحوال المعالجة الوحيدة أو النهائية، لأن الخوارزمية المستخدمة في التحليل تلعب دوراً جوهرياً في إنتاج المعاني التي ستودع في المعلومات التي ستنتجها معالجاتنا، وأن أي تغيير في خوارزمية المعالجة، أو خطاطتها المعرفية سينتج معلومات من نمط جديد، تصاحبه معان مستحدثة.

وإذا أردنا أن نكون أكثر صدقاً في التقييم الإبستيمولوجي لما طرحناه أو سنطرحه من نتائج، نود الإشارة إلى أن كل المعلومات التي أفلحنا في إنتاجها (من الكمّ الهائل من البيانات التي حصلنا عليها) لا يمكن أن تفرض على المضامين المطروحة في هذه النصوص، ولكن يمكن أن نعدّها إشارات إلى قيم معنوية خرجت بها معالجاتنا، وأنارت

أمامنا السبيل، فوجهت أنظارنا إلى مسائل يمكن أن تستثمر في ترسيخ فهم جديد، أو دعم نسق مفاهيمي مستحدث في التعامل مع مادة هذه النصوص.

لهذا يمكن أن نخلص إلى القول إن العلاقة القائمة بين البيانات والمعلومات (وفق مبدأ المعالجة الذي اعتمدناه) هي علاقة غير متناسقة، لأن المعلومات التي نجحنا في إنتاجها لن تتطابق عناصرها مع المادة الأولية (البيانات الخام التي باشرنا معالجتها).

بالمقابل، يمكننا القول إن المعلومات التي سنحصل عليها، لن تكون ذات قيمة معرفية ما لم تعضدها بيانات تشد أزر المضمون المبتكر الذي جاءت به. ويمكن أن تتحول هذه المعلومات إلى خطاطة معرفية جديدة، ترقى بمضامينها إلى مستوى الحقائق والمسلّمات (Fact)، متى توافرت بيانات من مورد جديد تتوافق مع النسق الذي جاءت به المعلومات، ويمكن أن ترتقي الحقائق إلى مستوى الاعتقاد، متى وفرت لنا مناخاً خصباً لرعاية مجموعة من التأويلات ووجهات النظر، التي متى اتسمت بمستوى مقبول من الصدق، حينئذ سيجتمع شملهما سوية تحت راية معرفة راسخة يمكن استثمارها في حقول معرفية وتطبيقات ميدانية متنوعة.

٤ ـ محتوى المعلومات: مقاربة معرفية

تكمن أهم عقبة تشخص أمامنا (عندما نحاول بيان المراتب المعرفية لمحتوى المعلومات) في عدم وجود اتفاق مسبق بصدد تعريف دلالة مصطلح المعلومات، أو في تحديد الدور المفاهيمي الذي تمارسه مادة محتواه المعرفية أثناء ممارستنا لعملية الإدراك والفهم.

إذ استخدم اصطلاح المعلومات ـ في البداية ـ لملء جزء من فجوة مفاهيمية اقتضتها جملة مسائل تدور في فلك أنشطة بث المفردات وتلقيها، ولم يلقَ عناية كافية، ولم يتناوله المفكرون بعملية السبر والتحليل لعدم توطنه في رقعة مفعمة بالدلالات والمعاني. بيد أن بزوغ تقنيات المعلوماتية وهيمنة أدواتها على مساحة واسعة من أنشطة الإنسان المعاصر، بات يفرض وبقوة ضرورة التنقير عن معان جديدة للمعلومات في تربة أضحت جل ذريراتها تتألف من كيانات معلوماتية وخوارزميات برمجية تشد كياناتها في أنساق محوسبة تعمّق دلالاتها المعرفية المعاصرة.

إذن، لم تعد المعلومات كلمة مودعة في قواميسنا ومعاجمنا اللغوية المتخمة بكلمات لا نستخدمها إلا عندما نرغب في ملء فجوة في عبارة، أو عندما نميل إلى تعمية مفهوم في عبارة مشحونة بألفاظ لا حاجة لنا بتوضيح معانيها ودلالاتها!

أضحى هذا المصطلح، ومجموعة مستحدثة من اصطلاحات فضاء المعرفة الرقمية، عناصر جوهرية في تشكيل معاني خطابنا المعاصر، وتوصيف التقنيات التي نوظفها في كل شبر من الفضاء الرقمي للمعلومات الذي تَمدد فالتف على فضاء الكرة الأرضية التي احتضنت الجنس البشري منذ بضعة آلاف من السنين. لذا لم يعد أمامنا خيار سوى إعادة تحليل عناصر المصطلح وفق نهج جديد، والسعي الحثيث نحو بيان دلالاتها وتشخيص مراتبية المحتوى المعرفية الذي تستبطنه، بعد أن التصقت هوية عصر كامل بها، واستمد جميع أنماط سلطته من المحتوى الرقمي الذي يستوطنها.

من أجل هذا سنخصص جزءاً لا بأس به من معالجاتنا المفاهيمية لتحليل وبيان دلالة هذا المصطلح مع تحديد مسارات الخيوط التي تربط مادته المعرفية بالمنظومة المعرفية المعاصرة للبيئة الرقمية.

ونأمل أن تمنحنا نتائج عمليات التحليل فرصة خصبة للتعامل مع الكيانات المعلوماتية الجديدة، وإعداد نماذج معرفية لوصف مادتها، وإعادة تشكيل عناصر شبكة علاقاتها الحميمة مع بقية الكيانات التي تستوطن بيئة فضاء المعلومات المعاصر.

بداية، يمكننا إقرار حقيقة الخصوبة التي تتمتع بها المعاني المستوطنة في دائرة اصطلاحات المحتوى، بعد أن توطدت أركانه في ميادين متعددة، ونجح في ترسيخ حضوره على مساحة واسعة من الرقعة الشاملة لفضاء المعلومات. ويمكن إجمال أهم المعاني التي استوطنت الرقعة الجغرافية لهذا الاصطلاح بما يأتي(٥):

أ ـ المعلومات بوصفها خطاباً اتصالياً

ترتكز المقولة التي تعالج المعلومات بوصفها مستوى من مستويات الخطاب الاتصالي إلى المبدأ الذي يعد المعلومات وصفاً لحالة نظام من النظم المعرفية التي ينصبّ عليها اهتمامنا، وأن الخطاب الاتصالي هو عبارة عن معلومات صيغت لنقل

(٥) Luciano Floridi, «Is Semantic Information Meaningful Data?,» *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 70, no. 2 (March 2005).

مفهوم عن حالة بذاتها، ينشئها «المرسل» (Sender) لإعلام مستلم محدد أو مجموعة من المستلمين بمضمون محدد.

ويستلزم هذا المفهوم الذي أعد محولاً من محولات اصطلاح المعلومات، توافر دقة عالية في محتوى الخطاب، كما إنه لا يفترض بالضرورة أن يكون الخطاب الاتصالي مرتبطاً بمسألتي الصدق أو اللاصدق (إذ ربما يكون الخطاب عبارة عن صوت)، لأن الغاية التي تكمن وراء هذا النمط من الخطاب هي إعلام الآخر (المستلم) بوصف لحالة من الحالات، وبصرف النظر عن مسألة تطابق المعلومات مع الواقع أو اختلافها عنه، وبعيداً من معايير الجودة التي قد يفرضها مستوى معرفي من نمط آخر يحدد معالم خطابنا للآخر.

وقد تبرز أمامنا إشكالية وجود مستوى من التشويش الذي يمارسه الآخر على تدفق الخطاب الاتصالي (نتيجة توظيف تقنيات معلوماتية أو اتصالية متقدمة) بحيث يحصل تداخل في محتوى الخطاب الصادر عن المرسل باتجاه المستقبل. بيد أن هذا النمط من المعالجة المعرفية للمعلومات لا يلتفت إلى هذه الإشكالية، لأن أي زيادة تنشب في محتوى المعلومات الذي يحمله الخطاب الاتصالي يعد مستوى أعلى، بصرف النظر عن ماهية المحتوى الذي نشأ عن بلوغ هذا النمط من الخطاب للمستلم.

ويتألف الأنموذج الذي أنشأه المتخصصون (لوصف هذا المستوى) من عملية تدفق المعلومات، من مرسل يوظف إحدى تقنيات الاتصال لنقل البيانات والمعلومات، إلى مستلم عبر وسط بيني يساعد على نقلها، ومن خلال توظيف لغة خطاب مشترك يترجم المحتوى المعلوماتي إلى نمط محدد من الفهم المشترك لدى الطرفين يسهم في تغيير المستوى المعرفي بالحالة (لدى المستلم) قبل استلام الخطاب بتلك التي تلي بلوغه إليه.

وتعالج «نظرية الاتصالات الرقمية» (Communication Theory) مسألة المعلومات وفق هذا الأنموذج الذي يتصف بمنظور علمي صارم يرى المعلومات عبارة عن سيل هادر من النبضات الرقمية يمكن التعامل معها بتقنيات الاحصاء وأدواته، لتحديد حجم ما تحمله من محتوى معلوماتي، في ضوء قياس حجم الاختلاف في المحتوى بين الحالتين (**الحالة الأولى** قبل بلوغ الخطاب الاتصالي، و**الحالة الثانية** بعد وصوله إلى المستقبل ومعالجة محتواه). ويعد العالم «كلود شانون» الرائد في التعامل مع مفهوم المعلومات ونقله لهذا المفهوم إلى دائرة قواميس المصطلحات

التقنية والتعامل معه بوصفه متغيراً قابلاً للقياس الكمي[٦]. وعلى هذا الأساس ظهرت معالجات متعددة لقياس المعلومات من خلال قياس التغير الحاصل في مستويات «الطاقة الكامنة» (Entropy) وطبيعة التخلخلات الحاصلة في محتوى النظام.

وقد نجحت هذه النظرية ونمت نمواً كبيراً في معالجة الإشارة الرقمية بعد أن أضحت عبارة عن سيل هادر من النبضات المنتقلة في بيئة موجية تحفل بالإشارات. بيد أن هذه المعالجة لا تزال تغفل محتوى الخطاب الاتصالي، وتتعامل معه بوصفه مجموعة من الإشارات الرقمية، التي يمكن قياسها بين نقطتي الإرسال والاستقبال. أما إذا أردنا أن نحافظ على الوصف الذي وصفت به المعلومات في هذه الفقرة، بحيث يتطابق محتواه مع أدوات الفكر التي تتعامل مع خطابنا الإنساني المعرفي، فسنجد أنفسنا قبالة معالجة مفهوم الخطاب الاتصالي للمعلومات وفق معالجة جديدة تجعل من المعلومات عبارة عن مستوى من المحتوى المعرفي الذي ينتقل إلينا من الآخر (مهما كانت هويته) فيمنحنا المزيد من المعرفة التي يمكن استنباطها من لغة الفهم المشترك بين المرسل والمستلم، فيتعمق فهمنا بالمعاني والدلالات، ويزدحم فكرنا بالحقائق، والأوصاف المعرفية التي ينشأ عنها فهم جديد، يرقى بمستوى المعرفة لدينا، ويعمق حالة الفهم مقارنة بالحالة التي سبقت ورود الخطاب الاتصالي إلى عتبة شعورنا وولوج معانيه في عتبة وعينا.

ب ـ المعلومات بوصفها نمطاً مدركاً

يتم التعامل مع المعلومات (وفق هذا المنظور) بوصفها نمطاً من أنماط الوصف التي نمارسها على الأشياء لنمنحها معاني جديدة تضفيها طبيعة العلاقات التي يفرضها النمط الجديد على الأشياء التي نسعى إلى صوغ عناصر مشهدها المعرفي الذي تناولته أدواتنا بالوصف.

وفي ضوء الخطاطة المعرفية التي انبثق منها هذا التعريف، فإن الكينونة المعلوماتية لا تمتلك قيمة معرفية تستقل بذاتها عن غيرها، وإنما ينشأ محتواها المعرفي كنتيجة حتمية تفرضها طبيعة النمط الذي يصفها، ووفق أنموذج يربط هذه الكيانات بشبكة من العلاقات مع كيانات أخرى.

---

(٦) تُعَدُّ المقالة التي نشرها شانون عام ١٩٤٨ بعنوان «النظرية الرياضية للاتصالات» إنجازاً علمياً فريداً حوّل دفة التعامل مع المعلومات باتجاه حقول القياس والكمّ الرياضي بعد أن كان المفهوم وصفياً صرفاً.

فينشأ من نسيج مشهدها مستوى معرفي جديد لا يرتبط بصلة مع مسألة دقة المضمون، ولا بهوية الجهات التي تتلقى عناصر المحتوى المعرفي الجديد. ومما لا ريب فيه، أن هذه الخطاطة المعرفية قادرة على تشكيل عناصر الأنموذج الذي سيصف المعلومات، والذي يفترض وجود ذاتٍ تصنع النمط وتستبطن فيه معنى محدداً، وذاتٍ عارفة قادرة على إدراك المحتوى المعرفي الذي يكمن وراء النمط الذي يشد عناصر المشهد، ويلمّ شتات الكيانات المعلومات في كل متكامل.

لقد أضافت الصيغة الرياضية لحساب الرطوبة النسبية معنى جديداً على البيانات، وأقحمتها في نمط وصفي جديد أعاد توجيه دلالاتها نحو مفهوم مستحدث.

إن اختيار عناصر الوصف (البيانات الخام)، واختيار النمط الذي يعرضها بأسلوب جديد، هو النمط الوصفي الذي يؤلف المعنى. وعلى هذا الأساس ستتوافر معانٍ لامتناهية للبيانات المتوافرة بين أيدينا ما دامت لدينا أساليب جديدة لوصف يمكن أن يعيد تشكيل عناصرها، ويغير من أسلوب عرضها، بحيث تتولد منها معان متجددة، باستمرار.

ج ـ المعلومات بوصفها مورداً للإعلام

يعدّ هذا الوصف الأكثر التصاقاً باصطلاح المعلومات المودع في القواميس والمعاجم اللغوية. ويمكن تأكيد هذه الحقيقة بمراجعة أمهات قواميس اللغة الإنكليزية التي ورد فيها فعل «Inform»، بوصفه أحد الأفعال التي تطلق على مجموعة من الأنشطة والفعاليات التي يمارسها المرء لإعلام الآخر، أو منحه الفرصة لإدراك نمط محدد وجعله قريباً من الفهم.

مما لا شك فيه أن المعلومات تمتلك خاصية الإخبار والإعلام، لأنها تمتلك القدرة على استلام، وتعديل، وتغيير، وتبديل، وتوضيح، وتغييب، وتوليد، ونقل، وإنشاء، ومعالجة محتوى محمول وفق أساليب متنوعة لا يمكن حصرها.

ويستخدم فعل «Inform» لوصف ظاهرة تتسم بالسلبية والفاعلية للمعلومات التي قد تتأرجح بين إثبات خاصية أو استبعادها من كيان معلوماتي، لتمنحه معنى جديداً أو تسلب معنى قائماً في ذهننا عنه.

وربط البعض كلمة «Formation» بفعل الإعلام ذاته، لأن المعلومات تمارس سلسلة من عمليات إعادة التشكيل والمعالجة للمادة الخام (البيانات)، فتضفي عليها

معاني تتلون بلون طيف المعاني التي أفرزتها عملية المعالجة وإعادة التشكيل. وعدّ البعض المعلومات نتيجةً لممارسة عمليات الإبداع التي يمارسها الفكر على المعطى الخام الذي تتناوله حواسنا بصورة مباشرة من البيئة المحيطة وإيداعه في أنساق تتخذ قوالب منطقية، وأخرى رياضية، وثالثة بصرية، وسمعية يمكن أن تسهم في تغيير عتبة الإدراك لدى الذات أو الآخر، فيبصر الجميع صوراً، ويدرك معارف كانت مطوية في تلافيف المادة الخام.

ثانياً: الخطاطة المعرفية لفضاء المعلومات

أحدثت الخطاطة المعرفية المبتكرة للمعلومات تغييراً جوهرياً في أساليب تعامل الإنسان المعاصر مع محتوى خطابه المعرفي السالف، والحالي، على حد سواء. فلم يعد الخطاب كما كان عليه في السابق كتلة مفاهيمية متكاملة، بعد أن أضحى عرضة لعمليات تفكيك وتنقير مستمرة تروم تثوير المحتوى المستبطن في مفرداته، وتحليل شبكة العلاقات التي تربط في ما بينها، داخل حدود نسيج النص الذي وظفه الكائن البشري للإفصاح عن المعاني المودعة فيه.

لقد تحول جوهر المادة التي طالما أَلِفنا استخدامها في جميع تفاصيل حياتنا اليومية، والمهنية، والأكاديمية إلى كينونة جديدة تمتلك محتوى يتسم بخصائص محددة، ويستوطن في بيئة رقمية ضمن تطبيقات فيزيقية مثل قواعد البيانات، والموسوعات، ومواقع الويب، ومختلف أنماط المستودعات الرقمية التي يمكن استرجاعها، وإعادة معالجتها، أو تعديلها لإنتاج معانٍ جديدة، أو كينونات معلوماتية تصلح لمعالجات جديدة[٧].

واقتصر دور نظرية المعلومات (في ظل الخطاطة المعرفية الهندسية) على مناقشة مسألة انتقال المعلومات، بينما لا يولي اهتماماً بالمسائل المتعلقة بالمحتوى والمعنى المحمول في عناصرها. لذا تميزت المعالجة بهذا المضمار بنهج تجريدي وجّه اهتمامه نحو مراتبية وكمية الرموز التي يمكن إرسالها من مورد معلوماتي، وعبر قناة اتصالية، وفق دالة رياضية/ منطقية تركز اهتمامها بمستوى حضور الضوضاء أو غيابها عن فيض النبضات المعلوماتية.

---

(٧) المصدر نفسه.

ووفق هذا النهج تتحدد كمية المعلومات التي يمكن أن تتدفق عبر قناة معلوماتية بحجم الذخيرة المتوافرة من الرموز أو الحالات المتوافرة، والعلاقة بين الرموز (التي ترتبط بنحو الرموز «Symbols Syntax» إضافة إلى رتبة الضوضاء السائدة في قناة تناقل المعلومات.

لقد أعلن فرانز شانون (الأب الروحي لنظرية المعلومات المعاصرة) صراحة، أن نظريته لا تولي عناية بالمعاني المحمولة في الرموز والشيفرات الرقمية (مستوى الإشكاليات المصاحبة للمحتوى الدلالي)، أو في ما إذا كانت هذه الرموز قادرة على إحداث التأثيرات المطلوبة على الجهة التي أرسلت إليها (مستوى الإشكاليات المصاحبة للفعالية/ التأثير) لأن مثل هذه الإشكاليات تستقر في دائرة اهتمامات علماء الاجتماع ولا تشكّل موضوعاً معنوياً وفق الخطاطة الهندسية[٨].

وتعد هذه المعالجة الخطوة الأولى لإرساء حدود فاصلة بين المعلومات، بوصفها نسقاً لمعالجة البيانات، والمعرفة التي تعد معالجة متقدمة تُعنى بتشريح مكونات المعلومات على مستوى دلالة المحمول والفاعلية، واستنباط القواعد التي تحكم تدفقات النبضات الرقمية.

إن الانتقال بنظرية المعلومات باتجاه المعالجات المعرفية تعد خطوة مماثلة للمعالجات الترنسندنتالية/ المتعالية التي جاءت ضمن النسق الفلسفي للفيلسوف عمانوئيل كانط فأقامت كينونة أطلقت عليها الشيء بذاته، فأقصتها عن دائرة اهتمامات العلوم الفيزيائية، بينما تركت جوهرها مادة خصبة للمعالجات الفلسفية على المستويين الوجودي والظاهراتي.

من أجل هذا، إذا أردنا أن نستخلص معلومات من الرموز الرقمية المتدفقة في قناة معلوماتية، فينبغي أن نضع نصب أعيننا، بداية، أن البيانات وفق هذا النسق عبارة عن اختلاف بين حالتين (قابلتين للإدراك بواسطة حواسنا)، يمكن قياسهما بحسابات التفاضل والتكامل[٩]. والبشر بوصفهم كيانات مدركة، تعدّ البيانات لديهم عبارة عن حالات وجودية قابلة للإدراك بمنظومة الوعي الإنساني. إن قدرتنا على التمييز بين الحالات المختلفة ترتبط بمدى محدد من المستويات الفيزيولوجية. ومتى تجاوزنا

(٨) Max Boisot, Ian MacMillan and Kyeong Seok Han, *Explorations in Information Space: Knowledge, Agents and Organizations* (New York: Oxford University Press, 2007).

(٩) إن المحدّد الفيزيائي للبيانات يرتبط بثابت بلانك (Plank's Constant)، الذي يعرّف أصغر حدث قابل للإدراك يوهم بحصول حدث ما يمكن أن نعدّه حالة قائمة.

هذه العتبة فلن نكون واثقين من كون الحالات المختلفة التي تتألف منها بياناتنا متناغمة مع بعضها البعض، وقادرة على توليد ذخيرة معلوماتية تراكمية وفق متطلبات نظرية المعلومات التي أرسى ثوابتها شانون.

ووفق هذه المعالجة المفاهيمية، فإن البيانات، وسمة الاطراد التي تستوطن مادتها، هي ليست سوى مجموعة خصائص الأحداث والأشياء التي تحيط بنا، المنتشرة على ساحة العالم الذي نقطن فيه. وهي ليست سوى سلسلة من العمليات الفيزيائية، والكينونات التي تحضر أمامنا بوصفها موجودات يتمثلها وعينا، عبر مجسات الإدراك.

أما المعلومات، مقابل ذلك، فهي «كينونة علائقية» (Relational) تنشأ من تمثل البيانات لدى الجهة المتلقية. ففي ضوء الظروف والملابسات الشخصية، ومنظومتنا القيمية، وأنموذج فهمنا، ومديات ثقافتنا، تحمل البيانات ذاتها مستويات متعددة من المعلومات لكل فرد، ولكل ثقافة، ولكل وعي حضاري.

وقد عمد شانون والباحثون، الذين اشتركوا معه في صوغ الأسس الهندسية لنظرية المعرفة، إلى استعارة مبدأ «الإنتروبيا» (Entropy)[١٠] من دائرة علوم الديناميك الحرارية لتحديد مقدار المعلومات المكتسبة من خطاب نشأ من جهة فتلقته جهة أخرى.

لقد أحسن شانون توظيف مبدأ الإنتروبيا وألحقها بكمية المعلومات التي يمكن اكتسابها من الرسالة/ الخطاب، فأضحت البيانات التي تحمل المعلومات مرتبطة بالطاقة الحرة التي تسود في النظام الفيزيائي. بمعنى آخر؛ إن البيانات التي تحمل معلومات تمتلك قدرة على إنجاز شغل من خلال الدور الذي تساهم فيه بإحداث تغييرات على التوقعات المسبقة للأداة المعلوماتية.

على صعيد آخر، فإن البيانات التي تخلو من المعلومات يمكن ربطها بالطاقة الملتصقة بالنظام الفيزيائي بحيث لا ينجم عنها أي نمط من التغيير على التوقعات

---

(١٠) الإنتروبيا، خاصية من خصائص منظومة الديناميكا الحرارية، التي تستخدم لحساب الطاقة التي لا يمكن استثمارها في إنتاج شغل مفيد ضمن عملية الديناميكيا الحرارية، مثل الطاقة الناشئة في أجهزة التحويل، أو المكائن. فالطاقة القابلة للتحول إلى شغل مفيد هي التي تسهم بتحريك عجلة المكائن والمعدات، أما الإنتروبيا فتتولد وتتراكم في المنظومة وينبغي أن تستبعد عنه على شكل حرارة ضائعة. وتعد (وفق القانون الثاني للديناميكا الحرارية) معياراً لهدف ومسار العملية من المستوى المرتفع باتجاه المستوى المنخفض.

المسبقة للأداة المعلوماتية. بمعنى آخر؛ إن هذا النوع من البيانات لا يمارس أي نوع من الشغل على هيكلة التوقعات(١١).

وقد أسهمت النجاحات التي حققتها أدوات المعلومات والاتصالات والأنموذج المعرفي للمعلومات في إحداث تغييرات حاسمة في النصف الثاني من القرن العشرين، تعدّ أشد تأثيراً مما أحدثته التغييرات التي رافقت التطور في العلوم النووية، واستكشاف غياهب الفضاء الكوني(١٢).

وإذا كنا غير قادرين على تمثّل عالم يخلو من مصادر الطاقة التي تدير جميع أشكال عجلات النشاط الإنساني على كرتنا الأرضية، فإن تشابك خيوط الاتصال والتواصل التي نسجت وفق الأنموذج الشبكاتي، باتت تؤكد استحالة حضورنا في المجتمع المعاصر بدون شبكة الإنترنت، وأدوات المعلومات والاتصالات التي تختزن الحصيلة المعرفية للجنس البشري، وتسافر بجميع أشكال خطابنا المعرفي المعاصر. لقد ارتبط مصيرنا بآليات الرقمنة، وتوغلت تقنيات الحوسبة والاتصالات في جميع مفاصل حياتنا، فأضحى هيوليّ الوجود يتألف من سلسلة لامتناهية من الرموز الرقمية التي تستوطن عقد بيئة شبكاتية تترابط عقدها، وتتفرع أذرعها في نسيج تعقدّت خيوطه وتشابكت بنمط فريد.

إنها الثورة المعلوماتية، والموجة الثالثة التي صدع بحضورها «ألفين توفلر» بعد أن تجاوز الإنسان عصر الزراعة، وترك وراءه العصر الصناعي وآلاته الهادرة ليدفع بنا باتجاه عصر الرقاقات الإلكترونية، ومجتمع المعلومات والمعرفة الذي تخلو آلته الاقتصادية من سمة الاحتكاك (Frictionless Economy)، ويتميز بسمات فريدة تختلف كثيراً بعوالمها الافتراضية عن العالم التقليدي الذي ألفنا العيش فيه.

١ ـ الموارد المعلوماتية

يمكن التعامل مع الموارد المعلوماتية وفق منظور آخر، تصبح من خلاله المعلومات عبارة عن مادة استخلصت من البيانات عبر إجراء عملية تعديل على التوزيع الاحتمالي الأكثر صلة بالموضوع المستوطن فيها، بحيث تحولت إلى مورد

(١١) نودّ أن نبيّن للقارئ أن هذا النمط من المعالجة لمسألة المعلومات قد تبنّاها الباحثون Boisot, MacMillan and Han، وفق منظورين: أحدهما، موضوعي يهتمّ بكمية المعلومات التي يحتمل نقلها بواسطة مجموعة من البيانات؛ والثاني، ذاتي يهتم بكمية المعلومات التي يمكن استخلاصها من مجموعة بيانات بواسطة أداة معلوماتية محددة. انظر: المصدر نفسه.

(١٢) Luciano Floridi, *Philosophy and Computing: An Introduction* (London: Routledge, 1999).

يمتلك القدرة على إحداث تغيير في الحصيلة المعرفية للجهة التي توظفها في نشاط من الأنشطة.

ويمارس المرء نوعين من المعالجات عند تعامله مع الموارد المعلوماتية التي ترد إلى عتبة وعيه:

المعالجة الأولى: تقطير المثيرات الحسية التي تنشأ عن العالم الخارجي الذي يحيط به، فيمارس عليها سلسلة من عمليات التقطير الحسي، فلا تتحول إلى بيانات إلا تلك الشريحة التي تقع في مجال محدد، ويمتلك مستوى من الإثارة يجعل منها قادرة على اجتياز عقبة التقطير لتدوّن في ذاكرته (قصيرة المدى «Short-Term Memory» ثم طويلة المدى «Long-Term Memory» على هيئة بيانات).

المعالجة الثانية: استخلاص الطبقة الحاملة للمعلومات من البيانات التي دوّنت ضمن مرحلة التقطير الحسي بواسطة سلسلة من عمليات التقطير المفاهيمي التي تمارس على محتواها لتصبح جاهزة للتعامل مع موارد إثارة حسية جديدة، ولإعادة تشكيل قوالب الفهم التي نشأت منها لدى منظومة الفهم.

ويمكن، بواسطة هذا المنظور، التعامل مع الموارد المعلوماتية بوصفها مظاهر لمستويات متعددة من المحتوى المعرفي، التي يتعامل معها المرء، بواسطة سلسلة من عمليات المراجعة، والتهذيب، والتقطير لكي تتلاءم مع متطلبات منظومة الفهم، كما أنها ستمتلك ـ في الوقت ذاته ـ مستوى محدداً من المنفعة التي يمكن أن تستثمر على صعيد التطبيقات والمعالجات المؤثرة.

وتكمن المنفعة المستوطنة في البيانات بكونها مصدراً متجدداً ينقل لنا سيلاً مهماً من المعلومات عن العالم الذي يحيط بنا. أما المعلومات فهي بيانات أجريت عليها تعديلات ومعالجات جعلت منها مادة قادرة على الإسهام في تغيير مسارات توقعاتنا، ومستوى المعرفة التي نمتلكها عن الكيانات التي تحيط بنا. أما المعرفة فتوفر للمرء حصيلة داعمة تجعله قادراً على التكيف مع متطلبات العالم الخارجي، وعلى ابتكار آليات جديدة في التعامل مع معطياته المتدفقة بصيرورة مستديمة.

٢ ـ النطاق الرقمي: المجال المعلوماتي وقواعد البيانات

برز اصطلاح «قواعد البيانات» (Data Base) و«نُظُمها» (Data Base Systems) ليعبّر عن وعاء الموارد الرقمية التي تستخدم في بيئة مجتمع المعلومات والمعرفة

المعاصر، والمنظومة التي تمارس عملية إدارة هذه الموارد وتوظيفها في بيئة التطبيقات البرمجية.

ويتألف نظام قواعد البيانات من العناصر الآتية:

- مجموعة من البيانات الرقمية التي أعدت هيكلتها لوصف حزم متنوعة من المتغيرات الواقعية، أو الافتراضية، التي استودعت في قاعدة بيانات أو مجموعة قواعد.

- وسط بيني لبيئة برمجية تنسّق التواصل بين المستخدم والموارد التي يتعامل معها.

- نظام إدارة قواعد البيانات (يتألف من بيئة برمجية متخصصة) ينهض بمهمة تداول البيانات ومعالجتها على مستوى الادخال والإخراج.

- منصّة أو «بيئة تشغيل» (Operating System) تمارس مهمة إدارة وتواصل العناصر الثلاثة مع المستخدمين، من خلال سلسلة من الإيعازات البرمجية الشاملة، وعلى التوازي مع تطبيقات برمجية أخرى، ولأكثر من مستخدم في الوقت ذاته، وفي أكثر من مكان.

بصورة عامة، لا توجد ثمة محددات على سعة قاعدة البيانات (ما لم تتعارض السعة مع قدرة المعالجة التي يتمتع بها التطبيق البرمجي)، وتتوافر أمامنا فرصة إيداع تشكيلة متنوعة من البيانات التي تتدرج من النبضات الرقمية الثنائية، فالرموز، فالحروف، والأسماء، والمرئيات، والصوتيات، والنصوص، وقد ترتبط بها ملفات لتطبيقات برمجية متنوعة.

وتتوزع هذه البيانات على شكل سجلات تودع في حقول، تنتمي إلى هرمية معلوماتية تصنف على أساسها، لتسهيل عمليات ربط الحقول المتشابهة فيما بينها، وإجراء مختلف أنماط عمليات المعالجة لتثوير المحتوى، وسبر النزعات، وكشف الأنماط التي تسود داخل محتوى الحقل ذاته، أو الوسط الذي يجمعه مع حقل آخر، أو مجموعة من الحقول الرديفة له في القاعدة ذاتها، أو قواعد بيانات أخرى.

وينبغي أن تتوافر في قاعدة البيانات السمات الآتية، لكي تكون مورداً نافعاً ضمن النطاق الرقمي الذي يتداول حقولها، وسجلاتها[١٣]:

(١٣) المصدر نفسه.

ـ تكامل المحتوى من خلال حضور نمط مقبول من التنسيق بين عناصرها، وغياب الفجوات بين سجلاتها، والتخفيف من مستوى الإطناب والفضول في سجلاتها، والسعي إلى إزالة التكرار أو تقليصه إلى الحدود الدنيا.

ـ سيادة منطق تنظيمي للحقول، وحسن انتخاب هوية السجلات بحيث يكون لقاعدة البيانات هيكلة منطقية تتناسب مع أنماط البيانات التي استودعت فيها.

ـ توفر فرصة للمشاركة في محتوى قاعدة البيانات، وإعادة استخدامها في البيئة البرمجية ذاتها، أو في بيئات برمجية أخرى، ومن قبل أكثر من مستخدم، أو جهة مستفيدة.

ـ إتاحة الفرصة للوصول إلى المحتوى عبر أنماط متعددة من منطق المعالجة المعرفية، وبما يتلاءم مع حاجات المستخدمين، بمختلف نزعاتهم وتوجهاتهم المعرفية.

ـ أن تتحرر من الالتصاق بتطبيق برمجي دون غيره، لكي تكون أكثر شمولية في الاستخدام، ولا يؤدي غياب تطبيقها البرمجي إلى تغييب محتواها، وحرمان المستخدمين من الوصول إلى مواردها.

ـ قابلة للتحديث والتطوير، على مستوى عناصر المحتوى، أو على مستوى الهيكلة المعرفية، لضمان إمكانية إجراء تعديلات مستقبلية تتلاءم مع نزعات التغيير، وإدامة استخدام محتواها على نطاق زمني بعيد المدى.

ويعد نظام إدارة قواعد البيانات طبقة من الطبقات المهيكلة للتطبيق البرمجي، وتتألف بنيته المعمارية من حزمة تطبيقات بنيوية، تدير، وتنظّم، وتشرف على أي نمط من التواصل والاتصال بين المستخدمين (أبشراً كانوا، أم كيانات برمجية ذكية) وفضاء المعلومات الذي يستقر ضمن بيئة تشغيل برمجية، وتستوطن في قاعدة البيانات مع مجموعة التطبيقات البرمجية المختلفة.

ونظراً إلى اتساع رقعة استخدام قواعد البيانات في فضاء المعلومات ومجاله الرقمي، فقد تنوعت أشكالها، وتدرجت مستويات تعقيدها بحسب طبيعة الاستخدام، وهوية المستخدم. وقد اعتمدت أساليب مختلفة في تصنيف قواعد البيانات، أكثرها شيوعاً النهج الذي اعتمد على سمة أو مجموعة سمات محددة تخصص هويتها. فصنّفت قواعد البيانات على الأساس التالي:

• نوع البيانات التي استودعت في حقولها، فبرزت قواعد البيانات: الحرفية، والعددية، والصورية، والوسائط المتعددة، وأخيراً شهدنا ولادة قاعدة المعرفة.

• نمط الوصول إلى المحتوى سواء عن طريق شبكة معلومات محلية، أو بواسطة حاسب منفرد، أو وسائط الخزن المختلفة.

• هوية المستخدم الذي صممت من أجله، سواء كان المستخدم فرداً، أو مجموعة مستخدمين ضمن شبكة داخلية، أو نطاقاً عولمياً من المستخدمين.

• هيكلة البيانات ومعماريتها، فظهرت قواعد البيانات المهيكلة وغير المهيكلة، وغيرها من الأصناف التي ترتبط إلى حد كبير بالأنموذج المعرفي الذي تم بموجبه إنشاء حقول القاعدة وانتخبت سجلاتها.

وفي نهاية تسعينيات القرن الماضي، برز أنموذج «البرمجة الكيانية للبيانات» (Object-Oriented Data Model) الذي منح البيئة البرمجية مرونة كبيرة، وأتاح للمستخدمين فرصة التعامل مع البيانات المعقدة، بعد أن حولها من الوسط الرمزي إلى بيئة كيانية تجعل من الرمز البرمجي عبارة عن كيان لديه طيف واسع من الخصائص التي تحدد معالم حضوره ومعالجاته الرقمية.

فإذا أردنا أن نعدّ برنامجاً لاحتساب المقادير الشرعية للزكاة باللغات البرمجية التقليدية، فسنلجأ إلى التعامل مع الزكاة بوصفها رمزاً يرتبط بسلسلة من المعادلات الرياضية التي نستنبطها من أحكام الزكاة ومصارفها. أما إذا استثمرنا الخصائص الفريدة للبرمجة الكيانية، فستصبح الزكاة «كياناً برمجياً» (Object)، يتمتع بهيكلة تصف خصائص بياناته وطبيعة الإجراءات التي تسري على كيانها. ويلتحق هذا الكيان بصنف محدد من الكيانات البرمجية التي تجتمع معها بالخصائص العامة. وفي هذه الحالة فإن كيان الزكاة البرمجي يلتحق بصنف أكثر شمولاً هو صنف «العبادات» وهو الذي يحدد المعالم العامة لصنف العبادات وفق الشريعة الإسلامية.

ويمكن أن تلتحق بهذا الصنف مجموعة من «الأصناف الثانوية» (Sub-class) التي تتواصل مع بقية الكيانات من خلال سلسلة من العلاقات، والإجراءات، فتبرز أمامنا أصناف أخرى مثل صنف: «زكاة النقود»، و«زكاة الماشية»، وكيان «النصاب»، وغيرها من الكيانات البنيوية التي يجمعها الموضوع ذاته. ثم نجمع هذه الأصناف في «مكتبة برمجية» (Library) شاملة.

ربما تحتوي قواعد البيانات على **أربعة** أشكال من البيانات:

الشكل الأول، مجموعة من البيانات الابتدائية التي قد تكون عبارة عن مصفوفة من الأرقام، أو من الكلمات، أو المتغيرات التي نروم إيصالها إلى المستخدم في المقام الأول.

الشكل الثاني، مجموعة من البيانات الواصفة للبيانات، وتعد مؤشرات ثانوية على طبيعة البيانات الابتدائية، حيث تحتوي على الأوصاف الرئيسة للبيانات الابتدائية، مثل: الموقع، والنسق، والوفرة، ومحددات الاستخدام، ومستويات الإفصاح.

الشكل الثالث، مجموعة من البيانات التشغيلية التي تمارس دور مراقب واستقصاء البيانات ذات الصلة بنمط استخدامها، وأداء نظام المعلومات على المستوى التشغيلي.

الشكل الرابع، مجموعة من البيانات المشتقة التي استخلصت من البيانات الابتدائية، والواصفة للبيانات. وتستخدم هذه البيانات بوصفها مصدراً للتحليلات الكمية والمقارنة.

لقد ذهب الباحث فلوريدي إلى تحليل فضاء معلومات قواعد البيانات، فوجده يضم اثني عشر مظهراً للمحتوى[١٤]، وتستوطن في هذه المظاهر أعداد غير متناهية من ثلاثيات «البيانات/ المعلومات/ المعرفة (DIK)». وقد مثّله بشكل متعدد الأضلاع، أطلق عليه اصطلاح «Dodecahedron» كونه يتألف من ١٢ ضلعاً. ويمثل كل وجه من وجوه هذا الشكل نوعاً محتملاً من تلاحم الثلاثية المعلوماتية (DIK). ويمكن تفسير محتوى هذه الثلاثية في ضوء المنظور الذي يتناولها، حيث يتوجّه نظرنا واهتمامنا بتلك الجهة.

وبحسب فرضية فلوريدي، فإن فضاء المعلومات يتميز بكونه مغلقاً ويمتلك حجماً محدوداً، رغم أن الدلالات المقيمة في عناصره، وترابطاتها، تعد لامتناهية، وقابلة للتوسع على الدوام. ولم يضفِ إلى هذا الفضاء الشكل الكروي، بل ذهب إلى أنه يتخذ شكل «فضاء هذلولي» (Hyperbolic Space). وهو فضاء يشابه الفضاء الكروي، بيد أن ثمة انبساطاً في جوفه، يجعل قوانين السطح الكروي لا تنطبق عليه، وتجعل من معالجات القطع الزائد الرياضية أشد انطباقاً مع معماريته الهندسية.

---

(١٤) المصدر نفسه.

وعليه سيكون فضاء المعلومات عبارة عن بيئة ممتلئة، على الدوام، ويغيب عنها حضور أي نمط من أنماط الفراغ الفيزيائي، سواء داخل كيانه المعلوماتي، أو خارجه حيث يتواصل مع بقية أنماط الفضاءات الفيزيائية.

وهنا تبرز المقاربة مع قوانين الامتداد الديكارتي، فلا يوجد على المستوى الكوني فضاء معلومات يخلو من المعلومات. ويمكن أن يبرّر ذلك بأن «ثلاثية المعلومات» تشكّل مادة مالئة لهذا الفضاء بنمط «فسيفسائي» (Tessellate) يستوعب الأبعاد المتعددة لهذا الفضاء المتخيّل.

وعلى هذا الأساس يمكننا أن نخلص إلى أن هناك منظورين لمعالجة وتفسير قواعد البيانات، والأدوات الداعمة لحضورها في البيئة البرمجية[١٥] هما:

المنظور الأول، يتعامل مع قاعدة البيانات بوصفها منظومة محوسبة للسجلات الرقمية، توفر للنظام الذي تقيم فيه مرونة متميزة، مع أدوات تدعم عملية إدارة المحتوى المعلوماتي الابتدائي، إضافة إلى حل الإشكاليات المصاحبة لتكرار السجلات، أو غياب التكامل بين عناصرها.

وعلى هذا الأساس، تعد قاعدة البيانات أنموذجاً يعكس رؤية المستخدم (فرداً أكان أم مؤسسة) وهوية خطاطته المعرفية بالتعامل مع جزء محدد من الواقع. لذا فهي تستقر في الترتيب الثالث من السلسلة المنطقية للواقع (العالم الخطاطة المعرفية قاعدة البيانات). من أجل هذا، ذهب فلوريدي إلى تشبيهها بالمثال الأفلاطوني للفن الذي يعد نسخة، أو محاكاة لمفردات الواقع الذي نعيشه بنسق يتسم بالمثالية والكمال.

المنظور الثاني، منظور أنطولوجي يرى في قاعدة البيانات بُعداً متعالياً يتجاوز موارد «ثلاثية المعلومات» الاشتقاقية والإجرائية في اتجاه التحوّل إلى مورد استراتيجي يسعى إلى توليد معلومات جديدة من البيانات المتوافرة، عبر سلسلة من المعالجات التي تهدف إلى استخلاص العصارة المعرفية التي تعد ثمرة لجميع أشكال النشاط الإنساني. وعلى هذا الأساس يأتي فضاء المعلومات في مقدمة السلسلة المنطقية للواقع، كونه يشكل البيئة المفاهيمية الضرورية التي توفر لنا الأرضية الصلبة لترسيخ أي نمط من أنماط الفهم السليم للواقع الذي يحيط بنا.

---

(١٥) Luciano Floridi, *The Ethics of Information* (London: Oxford University Press, 2013).

٣ ـ تحليل الصور الذهنية للمعلومات

تعد الصور والاستعارات الذهنية مورداً خصباً استثمره الفلاسفة في تحليل منظومة الأفكار، وبيان مشروعية الأنساق الفلسفية لنظرياتهم، وفرضياتهم لتفسير الواقع، وسبر عناصره[١٦].

كان الفيلسوف أفلاطون رائداً في هذا المضمار، فمارسه قبل الكثير من معاصريه، ثم ما لبث أن مرّ هذا الحقل المعرفي بتطورات مهمة على يد الفيلسوف الفرنسي ديكارت، ثم شهد إضافات نوعية على يد الفيلسوف لودفيغ فنغشتاين عندما قام بإعداد مخططات جداول الصدق المنطقي[١٧].

وقد أسهمت التقنيات المحوسبة في تطوير معالجات تشكيل وتحليل الصور الذهنية للمعلومات، فأضحت تتألف من سلسلة من عمليات الرؤية الذهنية واستبصار محتوى المعلومات المودعة في مادة البيانات بدعم مجموعة من البيئات والتطبيقات البرمجية المرئية.

وتتألف عمليات التحليل من نمطين: **أحدهما** كمّي، يرتكز على مبادئ نظرية المعلومات لدى «شانون» (Shannon's Theory)؛ **والآخر** نوعي ينهل موارده وأدواته من المعالجات والتحليلات الفلسفية العميقة لـ «فيلسوف المعلومات المعاصر فلوريدي» (Floridi's Philosophy of Information).

بصورة عامة، تتضمن عمليات تحليل الصور الذهنية للمعلومات مجموعة من المعالجات المرئية المحوسبة التي تسعى إلى تحليل المحتوى الدلالي المحمول على البيانات، من خلال التمثيل المرئي للمحتوى المعنوي المودع فيها، ووصفها بمجموعة من مخططات مرئية توحي بمعاني ودلالات يمكن أن يستثمرها المرء في سبر وتفسير المعاني وتحويلها إلى مجموعة من الأنماط الوصفية التي تتضمن الرسالة التي تروم المعلومات نقلها إلى الغير.

واقترحت مجموعة متنوعة من الأساليب التي تصنف على أساسها أنماط البيانات المدخلة إلى عملية تحليل الصور الذهنية، حيث ذهب البعض إلى تصنيفها على أساس:

---

(١٦) Luciano Floridi, «Two Approaches to the Philosophy of Information,» *Minds and Machines*, vol. 13 (2003), pp. 459-469.

(١٧) «Ludwig Wittgenstein,» Wikipedia (The Free Encyclopedia), <http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Wittgenstein>.

نوع البيانات، وخصائصها النوعية، وسياقات التطبيق؛ بيد أن البيانات التي تعالج لإظهار صورها الذهنية يمكن أن تنقسم إلى **محورين** أساسيين:

المحور الأول، «بيانات مكانية» (Spatial Data).

المحور الثاني، «بيانات غير مكانية» (Non-Spatial Data).

وتتميز البيانات المكانية باحتوائها على تفاصيل تخص توطنها الجغرافي، مع سيادة الدقة في محتواها. وتسعى هذه البيانات إلى وصف المكان بأبعاده الإقليدية، مع توافر مقاييس كمية للأماكن التي يتم تمثيلها، ووفق نماذج هندسية متصلة، أو منفصلة تصف حضورها المكاني.

أما البيانات غير المكانية فتغيب عن مادتها سمة الدقة الهندسية والجغرافية، بينما يسودها النسق اللغوي، الذي قد يعرض بصورة مهيكلة، أو تغيب عنه الهيكلة في كثير من الأحيان. ويستعاض من المعايير الكمية في تمثيلها، بمعايير ترتبط بوصف الأنماط السائدة بالنص، والنزعة السائدة فيه، ومستوى التكرار، وطبيعة المحتوى، وشجرة المعاني، وغيرها من المتغيرات النوعية التي تنشد المعايير الكمية لدعم عملية تمثيلها المحوسب.

وتبوّب العمليات، والمهام التي تمارس أثناء عملية تحليل الصور الذهنية للمعلومات إلى **ثلاثة** أصناف:

(١) استرجاع المعلومات (Information Retrieval).

(٢) تحليل المعلومات (Information Analysis).

(٣) نشر المعلومات (Information Dissemination).

وتتضمن عملية استرجاع المعلومات سلسلة معالجات، تتضمن: استكشاف فضاء البيانات من خلال ممارسة عمليات الاستعراض، والتنقّل، وتتبع أنماط توزيع البيانات، وحدودها، ومستوى حضور الأخطاء فيها، وموثوقية المحتوى، ومستويات الحساسية، لضمان بلوغ الغاية القصوى من عملية تحليل الصور الذهنية. أما عملية تحليل المعلومات فتعد مرحلة جوهرية كونها الكفيلة بمنحنا رؤية عميقة لما تستنبطه البيانات من معانٍ. وتتضمن طيفاً واسعاً من آليات التحليل، التي تسعى إلى تحديد عناقيد البيانات، وتبويبها، وترشيح المحتوى، وإيجاد القواسم المشتركة فيما بينها، واختبار

الفرضيات. بينما تتضمن عملية نشر المعلومات اختيار أساليب عرض المعلومات، وتمثيلها بنهج يجعلها أكثر قرباً من الفهم عبر تبني آليات: التلخيص، والتمثيل المرئي، والشرح، والتوضيح.

من جهة أخرى، يبرز أمامنا أكثر من نهج لتمثيل وإخراج نتائج التحليل الذهني للمعلومات. وقد قسّمت مادة المخرجات إلى أربع قنوات، هي: القنوات الهندسية، والقنوات البصرية، والقنوات الطوبولوجية والعلائقية، والقنوات الدلالية. (انظر الجدول الرقم (٢ ـ ١)).

الجدول الرقم (٢ ـ ١)

قنوات المعالجة المرئية للصور الذهنية للمعلومات

قناة المعالجة	المتغيرات التي تمثّل مرئياً
القنوات الهندسية	الحجم، الاتجاه، الشكل، التحدّب، السلاسة.
القنوات البصرية	شدّة السطوع، اللون، الشفافية، النسيج الهندسي، نمط الخطوط، شكل الخطوط، تأثير الظل، العمق اللوني، الحركة.
القنوات الطوبولوجية والعلائقية	العقد، القواطع، الترابطات، التقاطعات، التداخل، تراتبية العمق، التضمين الجزئي، القرب، البعد، والكثافة.
القنوات الدلالية	العدد، النص، الرموز، صورة Ideogram، الإشارة، الأيقونة، الصورة الرمزية، المخطط الصوري.

٤ ـ المحيط المعلوماتي

المحيط المعلوماتي (Infosphere) اصطلاح نحته فيلسوف المعلومات المعاصر فلوريدي بعد أن استعار مفهومه من البعد الاصطلاحي والمفاهيمي للمحيط الحيوي (Biosphere)[١٨]. وقد أطلق هذا الاصطلاح على البيئة المعلوماتية التي تحتوي على جميع الكيانات المعلوماتية، وخصائصها النوعية، والعمليات التي تسود بيئتها، والتفاعلات القائمة بين هذه الكيانات، والعلاقات الحميمة التي تؤلف لحمة نسيجها الرقمي. ويمكن تمثيل هذا المحيط بوصفه بيئة حاضنة، لتضمنه حدوداً فاصلة، وفضاءات تماثلية للمعلومات، تستمر عمليات نشوئها، ونموّها، وتوسّعها.

---

(١٨) Floridi, *Philosophy and Computing: An Introduction.*

ويتميز هذا المحيط بكثافة فائقة لمحتوى عناصره، بسبب النمو اللامتناهي الحاصل فيه، بحيث أصبحت أجزاء صغيرة من رقعته الرقمية قادرة على أن تستوعب حجماً هائلاً من المحتوى المناظر في الفضاء المكاني الفيزيائي[١٩].

وقد عزا فلوريدي ظاهرة إعادة التوليد الوجودي للمحيط المعلوماتي إلى التقارب الجوهري بين الموارد الرقمية والأدوات الرقمية التي تتعامل معها. فتتميز المظاهر الوجودية للتقنيات المعلوماتية مثل: البرمجيات، وقواعد البيانات، ومسارات الاتصال، وبروتوكولات مراقبة تناقل البيانات، بأنها باتت تتشابه إلى حد كبير، وتتطابق مع المظاهر الوجودية للكيانات المعلوماتية[٢٠]. فنجم عن هذا الأمر غياب الفروق الملموسة بين الآلة المعالجة، والوسط الذي تمارس عليه عمليات المعالجة، فبدأت مظاهر الاحتكاك والممانعة تزول عن ساحة المحيط المعلوماتي، بحيث أصبحت سمة غياب الممانعة (Frictionless) وصفاً جوهرياً يلتصق بكينونته الوجودية.

وتشمل عمليات الاحتكاك محصلة القوى التي تعترض عمليات سريان المعلومات وتدفقها خلال رقعة محددة من المحيط المعلوماتي، ويتم وصفها كمعامل يرتبط بحجم الشغل والجهد اللازم: لتوليد المعلومات والحصول عليها، ومعالجتها، ونقلها، في بيئة ما، من خلال إدامة قنوات الاتصال، والتغلب على المعيقات التي تعترض سريان المعلومات (مثل: المسافة، والضوضاء، وتناقص الموارد، ومستوى التعقيد المقيم في مادة البيانات التي نروم معالجتها).

وكلما قلّت قيمة الممانعة الوجودية، في جزء محدد من المحيط المعلوماتي، ازدادت فرصة الوصول إلى البيانات المتوافرة في ذلك الجزء. ولما كان مستوى النفاذية سمة مصاحبة لحضور الممانعة، أو غيابها عن ظاهرة السريان في بيئة ما، فيمكننا القول إن البيئة المعلوماتية هي بيئة نفّاذة لا تشكّل مظاهرها الوجودية عائقاً معنوياً قبالة سريان المعلومات وانتقالها.

ويمكن أن ينشأ عن هذه السمة الفريدة سلسلة من التداعيات التي يتميز بها «مجتمع المعلومات المسامي» (Porous Society):

(١٩) على سبيل المثال، يمكن لقرص صلب أن يستوعب حجماً هائلاً من الكتب الرقمية التي تناظر المساحة التي تمتد عليها بضع مكتبات تقليدية.

(٢٠) Floridi, «Two Approaches to the Philosophy of Information,» pp. 459-469.

ـ عدم إمكان الادعاء بتجاهل الغير في ممارسة عملية الإعلام لوفرة الوسائط التي تنقل الحدث بأشكال متعددة، يمكن أن تبلغ المرء من خلال قنوات متنوعة.

ـ وفرة مصادر المعرفة المشتركة بين طيف واسع من مكونات المجتمع المعاصر.

ـ تزايد مستوى حضور ومسؤوليات الكائن البشري، بعد أن تعمّقت صلاته مع المتغيرات العولمية.

لقد أسهمت تقنيات المعلومات والاتصالات بإعادة تشكيل المظهر الوجودي لحياتنا المعاصرة، بعد أن أدت دوراً كبيراً في إنشاء أنماط مختلفة من بنى الواقع المحوسب. وسيسهم النمو المتسارع لحضور المحيط المعلوماتي وتغلغله في المحيط الذي ألفنا العيش فيه، في إعادة تشكيل المظاهر الوجودية لكثير من عناصر البيئة الاجتماعية، بحيث لا يمكن أن يتصور المرء (في المستقبل القريب) كيف استطاع الإنسان أن يعيش في بيئة تخلو من الحضور المكثّف للمعلومات وأدواتها التي لم تترك مساحة نقير إلا وولجته، ورسّخت هيمنتها على متغيراته.

لقد أصبحنا أمام حقيقة قدرية تؤكد استمرار ابتلاع المحيط المعلوماتي لجميع أشكال الفضاءات الحاضرة في حياتنا المعاصرة، وتلك التي ورثناها عن آبائنا، إذ إن «الكيانات المعلوماتية» (IT Entities) أصبحت تفرض حضورها بوصفها الكيانات الأساسية، بينما نكصت الكيانات الفيزيائية إلى الوراء لتستقر في خانة الكيانات البديلة، بعد أن توسعت دائرة الاتصال والتواصل الرقمي بدلاً من آليات التواصل التقليدية.

وهنا يمكننا القول إننا لا زلنا نوظف مفاهيم ومبادئ الفلسفة النيوتونية في حياتنا اليومية، حيث تحضر الموجودات المادية في العالم الواقعي، بصورة ملزمة وقسرية، وبوصفها كيانات جامدة، لا تمتلك زمام المبادرة في التفاعل والتواصل معنا، وغير قادرة على التعلّم، أو تذكر سلسلة الوقائع التي تحيط بها، بينما ترتبط في ما بينها بقوة جذب كونية، تحكمها قوانين نيوتن التي لا تنعكس على أي مظهر من مظاهر التواصل الوجودي المتعقّل.

أما المحيط المعلوماتي فيوفر لنا خيارين: خيار «الوصول» (Log-in) والدخول إلى بيئته الفريدة، والتمتع بمظاهرها الوجودية الرقمية؛ وخيار «المغادرة» (Log-out) حيث نقفل راجعين إلى المظاهر الوجودية للعالم الواقعي. ورغم عودتنا إلى العالم الواقعي بعد خروجنا من المحيط المعلوماتي، إلا أن الحضور التفاعلي للشبكات اللاسلكية، المتوزعة، والمنتشرة في كل مكان «أي شيء نحو أي شيء» *(a2a)* والعمليات

المعلوماتية التي تعمل بموجب مبدأ «أي مكان نحو أي مكان» *(a4a)* وخلال الزمن الحقيقي.

إن عملية التحول التدريجية إلى المحيط المعلوماتي ستجعل حضورنا فيه مرادفاً للكينونة الإنسانية الوجودية بمظهر ينحو إلى نمط من الميتافيزيقيا المعلوماتية التي لن تتوافر أمامنا فرصة لتفسيرها وفق خطاطة معرفية واضحة ما لم تكتمل الحلقة الوجودية للمحيط الرقمي الجديد. ولن تبقى نصوصنا وخطابات تواصلنا مع الآخر تتمتع بالمعاني الحاضرة، لأنها ستتحول، لا محالة، إلى بيئة معلوماتية تتزامن بكثافة خلال نطاق الزمن، بينما تعيد تمركزها في المكان، وتتفاعل مع مواردها بنمط مترابط.

وبناء على التطورات المتلاحقة في البيئة المعلوماتية وأدواتها، وإزاحتها لبقية أشكال الأدوات من طريقها، سنجد أنفسنا ملزمين بتطوير أنماط حضور نصوصنا، وخطاباتنا المعرفية فيها، لضمان قدرتنا على التواصل معها، والتواصل من خلالها مع من يتشاركون معنا الوسط البيني ذاته، والآخر أو الآخرين الذي سنحرص على إيصال خطابنا إليهم.

ثالثاً: مدخل إلى فلسفة المعلومات

تكمن صعوبة تناول المعلومات في الخطاب الفلسفي في عدم وضوح حدود دلالاتها المعرفية ولحضورها على مساحة واسعة من المعاني والاستخدامات، إذ لم تستأثر باهتمام الفلاسفة (منذ نهاية القرن التاسع عشر، وحتى بدايات القرن العشرين).

وعند بزوغ فجر علوم المعلوماتية (في بداية النصف الأول من القرن العشرين) بدأت المعلومات تشدّ اهتمام الباحثين، ثم طفت على ساحة اهتمام الفلاسفة نتيجة لتعمّق دلالاتها، وانفتاحها على مساحة واسعة من مشهد الوجود الإنساني، وتعمّق حضورها في خطابنا المعرفي.

بصورة عامة، تشخص أمام أي نمط من أنماط المعالجة الفلسفية للمعلومات **ثلاثة** مستويات وجودية لهذا المصطلح، يمكن تلخيصها بما يأتي:

المستوى الوجودي الأول، المعلومات بوصفها محتوى نودعه في إجابات عارفة لمسائل تثار في حقول الفلسفة، وهندسة المعرفة، والمنطق.

المستوى الوجودي الثاني، المعلومات بوصفها مظهراً لمحتوى تسوده العشوائية ويمكن قياسه بمقاييس كمية تستثمر في تطبيقات متعددة ضمن حقول النظريات المعلوماتية.

المستوى الوجودي الثالث، معلومات يمكن قياسها بأساليب كمية ضمن خطاب رياضي محوسب استودعت مادته في أنماط متعددة من الخوارزميات، واللغات البرمجية، والشيفرات.

ولكي لا نسرف في ممارسة عملية التجريد التي يرتكز عليها الخطاب الفلسفي البنيوي، ونسحب القارئ إلى المتاهات الرقمية التي تستوطنها، يمكننا تبسيط المسألة ووصفها من خلال **ثلاثة** مشاهد يناظر كل مشهد منها مستوى من المستويات الثلاثة أعلاه.

ففي **المشهد الأول** تسود سلسلة من عمليات الملاحظة، وتقصي الحقائق، وتوظيف آليات التواصل اللغوي، وعمليات الاستدلال التي يمكن من خلالها توفير بيئة مناسبة للكائن البشري لاكتساب المعرفة في ضوء حصيلة البيانات التي قد توافرت بين يديه. وعلى هذا الأساس هناك ثلاثة عناصر مهمة في هذا المشهد، الكائن (بشري، أو آلة ذكية) الذي يمارس عملية تمثّل محتوى البيانات ويسعى إلى توظيفها في النشاطات التي يمارسها، والتغيرات الدينامية التي تسود البيئة وتؤثر بدورها في محتوى البيانات، وأخيراً مرجعية البيانات حيث تمثل البيانات (على الدوام) وصفاً لواقعة أو كياناً موجوداً ضمن موقف ما، أو بقعة من ساحة الواقع الواسعة. من أجل هذا فإن العمليات التي تسود هذا المشهد تبتعد عن المقاييس الكمية، وتتوجه صوب «النسق الصوري» (Formal Paradigm) حيث تسود أدوات المنطق الرياضي أو المحوسب.

أما **المشهد الثاني** فيرتبط بالمورد الذي تنشأ عنه الإشارات الرقمية للمعلومات (البيئة المثالية لقانون شانون) التي تتسم بترددات مختلفة تضفي عليها المعاني المصاحبة لكياناتها الرقمية، حيث يشخص المورد الرقمي بمفرده، ويأتي دور تحليل أنماط موجات الاتصال وفق مبادئ الاحتمالية وانتقال الترددات في الأثير. وهنا يبرز دور المعالجات الكمية التي تسترشد بقوانين الاحتمالية وقوانين الفيزياء.

ويأتي أخيراً **المشهد الثالث** حيث تبلّغ شيفرة المعلومات إلى المستلم الذي يريد تحديد «قيمتها المعلومية» (Informational Value)، والتي لا يمكن تحديدها من دون توافر أدوات تعتمد المقاييس الكمية التي تشكل مادة عناصرها إجابة حاسمة عن مستوى

التعقيد الخوارزمي السائد في الشيفرة، والذي يمكن أن يقاس على أساس أقصر برنامج محوسب قادر على بيان هوية المحتوى بإحدى الآلات الكونية للعالم البريطاني تورينغ.

ويبدو واضحاً أن المشهدين الأول والثاني يكمّل بعضهما بعضاً، فكل منهما ذو صلة بتدفق المعلومات، وصوغ شيفرة تداول المفاهيم. أما المشهد الثالث فيمثل مرحلة الحوسبة الإنسانية للبيانات وتحويلها إلى معارف مكتسبة.

١ ـ ولوج المعلومات إلى دائرة الفلسفة

لما كانت الفلسفة تعنى بعملية دراسة ونقد منظومة الأفكار والمفاهيم التي ينشئها العقل البشري لتفسير ماهية المعرفة، والوجود والواقع، وممارسة عملية التحليل للأسس التي ترتكز عليها تحليلاتنا العقدية والمنطقية، فإن الكثير من المفاهيم المستحدثة تستقر في البدايات بساحتها تمهيداً لإثرائها بجدلية الخطاب الفلسفي وتحليلاته لإثبات صلاحيتها وتهذيب حدودها، كي تتوافق مع آلة المنطق وملكة النقد المعرفي وآلياته. من أجل هذا كان من المتوقع أن يدخل اصطلاح المعلومات إلى ساحة الفلسفة قبل أن يصبح صالحاً للدخول إلى ميادين أخرى نظرية أو تطبيقية، بيد أن عملية نمو بذوره (في تربة التطبيقات التقنية) قد سبقت البذور التي استقرت في تربة تيارات الفلسفة المعاصرة.

في البداية، لم تفلح «نظرية غوديل» (Godel Incompleteness Theory) حول غياب الاكتمال عن ساحة المتغير المعرفي، والفرضيات التي طرحتها «آلة تورينغ» (Turing Machine) الذكية في إذكاء جدل فلسفي كافٍ يتناسب مع الدور المتوقع أن تثوّره المعلومات في تربة الفكر الفلسفي المعاصر. بيد أن هذا الغياب لم يكن شاملاً، فقد أثارت نظرية شانون عن المعلومات (التي طرحها في مقاله الشهير الذي ظهر عام ١٩٥٠) جدلاً لدى مجموعة من الفلاسفة المعاصرين مثل: بار هيلل (Bar Hillel)، وكارناب (Carnap) وبدأت بوادر الاتفاق مع بعض المفاهيم الفلسفية والمنطقية التي أثارها خطاب شانون حول ماهية المعلومات وتفسير ماهية محتواها المعرفي. ورغم أن الفيلسوف سولومونوف، (الذي يعد أحد أقطاب نظرية الخوارزميات المعلوماتية «Algorithmic Information Theory») قد ناقش مسائل ذات صلة حميمة بما أضحى أطراً معرفية لفلسفة المعلومات المعاصرة، بيد أن مسائله لم تودع في الخطاب الفلسفي المعاصر، فلم نعد نلحظ آثاراً لأقدام الفلاسفة في تربة المفاهيم المعلوماتية.

من أجل هذا، غاب اصطلاح المعلومات عن **موسوعة تاريخ المنطق** الشهيرة التي أصدرها نيبل (Kneale) عام ١٩٦٢، كما أن غيابه كان جليّاً في **موسوعة الفلسفة** لبول إدواردز (Paul Edwards) التي ظهرت عام ١٩٦٧.

وبدأت تباشير فجر فلسفة المعلومات بالبزوغ في بداية الثمانينيات من القرن الماضي على يد مجموعة من الفلاسفة والمناطقة. فقد أودع دريتسك (Dretske) نظرية المعلومات في النسق المفاهيمي لنظرية المعرفة (Epistemology) (عام ١٩٨١)، وعاد فكرر الأمر ذاته مجموعة من الفلاسفة المعاصرين مثل: باروايز (Barwise)، وبيري (Perry) (عام ١٩٨٣). وقد تميزت جهود هؤلاء الفلاسفة في تسليط الضوء على مسائل تدور في فلك حدود المعرفة ومراتبيتها، وطبيعة الصلة التي بدأت المعلومات تفرضها على النسق المعرفي المعاصر.

وقد اكتملت دائرة حضور المعلومات ومسائلها المتشعبة في دائرة الخطاب الفلسفي المعاصر على يد الفيلسوف الإيطالي لوشيانو فلوريدي (Luciano Floridi)[٢١] الذي يمكن أن يعد بحق إمام تيار فلسفة المعلومات في القرن الحادي والعشرين[٢٢].

ارتكز الخطاب الفلسفي لفلوريدي على تأكيد أهمية إعادة تشكيل فلسفة بنيوية، تستبدل من خلال نسقها المفاهيمي مبادئ التحليل والنقد بمبادئ جديدة أفرزها النسق المعلوماتي هي: التصميم، وإنشاء الأنموذج المعرفي، وصياغة الخوارزميات المحوسبة حيث تختلط عناصر الحوسبة الذكية مع الموارد المعلوماتية لتنتج لنا بيئة مستحدثة في فضاء متخيل.

---

(٢١) لوشيانو فلوريدي، ولد في تشرين الثاني/ نوفمبر ١٩٦٤ في مدينة روما بإيطاليا. حصل على شهادة الدكتوراه من جامعة أكسفورد، ويشغل حالياً مقعد البحث في فلسفة المعلومات، ومقعد المعلومات وأخلاقيات الحاسوب في اليونسكو. ويُعَدُّ من كبار الباحثين في مضمار فلسفة المعلومات، وهو مؤسّس مجموعة مستقلّة من الباحثين والفلاسفة بهذا الميدان في جامعة أكسفورد.

من كتبه: **دليل تقنية المعلومات للفلاسفة** (روما، ١٩٩٦)؛ **النزعة الشكوكية وأسس نظرية المعرفة** (ليدن، ١٩٩٦)؛ **الإنترنت: مقالة معرفية** (ميلانو، ١٩٩٧)؛ **الفلسفة والحوسبة: مقدمة** (لندن، ١٩٩٩)؛ **دليل بلاك ول لفلسفة الحوسبة والمعلومات** (أكسفورد، ٢٠٠٣)؛ **فلسفة الحوسبة والمعلومات: الأسئلة الخمسة** (٢٠٠٨)، **والمعلومات** (أكسفورد، ٢٠١٠).

وقد ترجمت مؤلفاته إلى لغات عدة منها: الصينية، والفرنسية، واليونانية، والهنغارية، واليابانية، والفارسية، والبولندية، والبرتغالية، والإسبانية.

(٢٢) والجدير ذكره أن المعالجات الفلسفية التي يطرحها فلوريدي في نسقه الفلسفي تختلف إلى حدٍّ كبير عن الخطاب الفلسفي الكلاسيكي، فلا نكاد نعثر لديه على الصروح والأنساق الفلسفية كالتي وجدناها لدى إيمانوئيل كانط، وفريدريش هيغل.

٢ ـ فلسفة المعلومات لدى فلوريدي

عرّف فلوريدي فلسفة المعلومات[٢٣] بأنها ذلك الحقل من العلوم الفلسفية الذي يُعنى بمسألتين أساسيتين: تهتم **الأولى** بالمباحث النقدية ذات الصلة بماهية المعلومات والمبادئ العامة التي تحدد معالم نسقها المفاهيمي، وعلومها، وسبل توظيفها. أما **الثانية** فتُعنى بتوسيع رقعة تطبيقات النهج المعلوماتية والأطر النظرية المحوسبة التي تستخدم للإجابة عن التساؤلات الفلسفية التي تنشأ في البيئة المعاصرة.

لقد أفرزت فلسفة المعلومات مفهوم فضاء المعلومات الذي أضحى يمثل منظوراً أنطولوجياً مستحدثاً نتيجة للتحول من البيئة المادية الملموسة إلى بيئة رقمية افتراضية غير ملموسة (Intangible) تتسم بأن[٢٤]:

ـ الكيانات التي تستوطنها، والعمليات التي تسود فيها تكون ذات طابع لافيزيائي، ومقولبة في رموز، ضمن نسق تحكمه خوارزميات برمجية صارمة.

ـ من له حق الاستخدام في دائرة فضاء المعلومات يمتلك الأهمية نفسها التي يتمتع بها ذاك الذي له حق امتلاك الكيانات الموجودة فيه.

ـ لم تعد الخصائص الوجودية للكيانات المقيمة في فضاء المعلومات غير قابلة للتغيير (لم يعد لمسألة الجوهر التي جاءت بها الفلسفة اليونانية معنى)، كما أنها لم تعد خاضعة للتصور (على عكس مبادئ الفلسفة الميتافيزيقية المعاصرة) ولكنها باتت ذات سمة تفاعلية يمكن أن تترسخ هويتها الوجودية من خلال واجهة ارتباطها (Interface) بالكيانات المجاورة.

أ ـ تحديد معالم فلسفة المعلومات

بصورة عامة، يمكننا القول إن فلسفة المعلومات (Philosophy of Information) تتعامل مع ثلاثة حقول جوهرية[٢٥]:

الحقل الأول: مجموعة من المواضيع التي تشمل: الحقائق، البيانات، الظواهر، الملاحظات، والإشكاليات.

---

(٢٣) Luciano Floridi, «The Information Society and its Philosophy: Introduction to the Special Issue on the Philosophy of Information, is Nature, and Future Developments,» *The Information Society*, vol. 25 (2009), pp. 153-158.

(٢٤) Luciano Floridi, «Trends in The Philosophy of Information,» in: Gabbay, Thagard and Woods, *Handbook of the Philosophy of Science*.

(٢٥) Floridi, «Two Approaches to the Philosophy of Information,» pp. 459-469.

الحقل الثاني: مجموعة من الطرائق والأساليب التي نتعامل من خلالها مع المعلومات، والتي تشمل: التقنيات، والنهج، والأساليب، والنماذج الرياضية والمنطقية.

الحقل الثالث: مجموعة من الفرضيات والنظريات التي توظف لتفسير وبيان هوية البيانات، وتلقي الضوء على ما استغلق علينا إدراكه من مداتها، وتوجّه مسارات فكرنا نحو خارطة الطريق المثلى لاستثمارها.

وقد ذهب فلوريدي إلى عدّ فلسفة المعلومات فرعاً من فروع الفلسفة التي تدور حول محورين أساسيين(٢٦):

ـ البحث المعمّق في العناصر الأساسية للمعلومات، والنسق المفاهيمي الذي يفسر مختلف مستويات تجلياتها الوجودية، على التوازي مع الصيرورة التي تسري في كيانها، وهوية العلاقات الحميمة التي تقيمها مع بقية العلوم.

ـ إنشاء الأطر المفاهيمية وتحديد معالم التطبيقات ذات الصلة بالأسس النظرية للمعلومات، والنهج المحوسب ذات الصلة بالمشاكل الفلسفية التي ترتبط بهذا الحقل المعرفي.

وذهب فلوريدي (عند مناقشته لهذا التعريف) إلى أن لكل فقرة من فقراته ارتباطاً بالحقل المعرفي الذي يعالجه الإطار المفاهيمي المقترح لترسيخ مفهوم فلسفة المعلومات. إذ يتركز اهتمام الفقرة الأولى على تحديد مفهوم فلسفة المعلومات بوصفه حقلاً فلسفياً جديداً، حيث تعدّ فلسفة المعلومات معالجة صريحة، تتسم بالوضوح والدقة، وتفسيراً متقناً للمسألة الفلسفية الكلاسيكية التي طرحها سقراط قبالة الكثير من المسائل الوجودية، والتي اتخذت نمط «ما هو؟» باللاتينية (Ti Esti?). بمعنى آخر: ما هي طبيعة المعلومات وهويتها الوجودية؟. تقوم فلسفة المعلومات بممارسة تحريات نقدية دون أن تتعارض مع النظرية الكمية لتناقل البيانات (نظرية المعلومات). وسينشأ عن ذلك اقتراح مجموعة متنوعة من النظريات التي ستسعى إلى تحليل، وتقييم، وتفسير المبادئ الأساسية والمفاهيم السائدة في البيئة المعرفية للمعلومات، مع بيان سيرورة التغيرات السائدة فيها، وتحديد ملامح الارتباطات المحتملة لهذا لعناصر الحقل الجديد مع بقية الحقول المعرفية التي تعنى بها الفلسفة المعاصرة، مثل: مصادر المعرفة، والحقيقة، والمعنى، وانعكاساتها على فهم الواقع وتجلية هويته الوجودية.

---

(٢٦) Luciano Floridi, «What is the Philosophy of Information?,» *Meta-Philosophy Journal*, vol. 33, nos. 1-2 (January 2002), pp. 123-145.

هذا على مستوى المبادئ، أما على صعيد صيرورة الأنشطة التي تسود كيان البناء الفلسفي الجديد، فستشمل ما يلي:

- إنشاء وتمثيل البيئات المعلوماتية، وتوجيه الاهتمام نحو تحديد خصائصها النوعية، وأنماط التفاعل مع محيطها، وهوية النمو الحاصل في كيانها، ونمط التطبيقات التي تسود بيئتها الرقمية.

- تشكيل معالم دورة حياة المعلومات، وتشخيص المراحل التي تمر بها (خلال هذه الدورة) بدءاً ببدايات بروزها من رحم البيانات، وانتهاء بمرحلة معالجتها، واستخلاص محتواها قبل أن تشهد التحول نحو غياب حضورها، نتيجة لظهور مراتب وجودية جديدة يفرضها جدل التحول نحو المعرفة.

- مراجعة وتبيين طبيعة الدور الذي تمارسه عملية الحوسبة بواسطة المعالجات الخوارزمية، من دون أن تمنح للحوسبة دوراً يتجاوز المعلومات ذاتها، بعد أن تعاملت مع الحوسبة بوصفها نمطاً من المعالجة التي يمكن أن تمارس المعلومات في دائرتها دوراً مؤثراً.

أما الفقرة الثانية من التعريف، فتؤكد أن فلسفة المعلومات لا تقتصر على كونها حقلاً من حقول الفلسفة المتكاثرة، بل يمكن أن نعدها منهجاً مبتكراً لتفسير واستثمار حصيلة النظريات والتطبيقات العلمية التي جاءت بها نظرية المعلومات والاتصالات، وأدواتها الرقمية المتنوعة. وسيسهم هذا المنظور في إحداث تغييرات جذرية في كثير من المسائل الفلسفية، إضافة إلى تأثيراته المهمة في حقول المعالجة النظرية والتطبيقية للحوسبة، ومناهجها، وأدواتها، ومبادئها، وتقنياتها، وعقد ارتباطاتها مع الحقول المناظرة.

ب ـ سبر ماهية المعلومات

يعدّ السؤال عن هوية المعلومات، وتفسير طبيعتها من أهم التحديات التي تشخص أمام العاملين في حقل فلسفة المعلومات. وترتبط التحديات بكثرة التعريفات التي وضعها المتخصصون نتيجة لتعدد مظاهر حضورها الوجودي، وتشعب ارتباطات نسيج عناصرها مع نسيج بقية الكيانات المستقرة داخل حدود البيئة الرقمية، وخارجها.

بصورة عامة، تتميز المعلومات بكونها متعددة المظاهر، يسودها شبكة دلالية متعددة الأبعاد، تجعل مادتها عرضة لسيل من التفسيرات في ضوء مرتبة التجريد التي

يمارسها الفكر لسبر هويتها، من جهة، وطبيعة المنظور والمعالجة النظرية التي تتناولها ضمن النسق المفاهيمي الذي تستوطن مادتها في نسيجه المعرفي.

سيبقى مفهوم المعلومات ذا طابع هيولي، يصعب الإمساك بتلابيب تفرعات دلالاته المفاهيمية، نتيجة لامتداد حضورها في ميادين العلوم، والاقتصاد، واللغة، والفلسفة، وعلوم أخرى يصعب حصرها. يضاف إلى ذلك أن الفلسفة التي تعد مصدر العلوم مجتمعة، تفتقر لا محال إلى وصف دقيق للظواهر، قادر على الإحاطة بهوية المعلومات، ومبادئها المشتركة مع هرم المفاهيم العلمية/ الفلسفية.

وإذا توافرت لدينا في الوقت الحالي أدوات، وطرائق لتكميم المعلومات وفق أسس محددة، بحيث يمكن ترتيب عناصرها، وتبويبها، ومعالجتها، ونقلها، فإن هذا الأمر لا يلغي وجود فجوات في الأنموذج الذي نوظفه لسبر مادتها العنصرية لمعرفة هويتها الحقيقية.

لقد اقترح فلوريدي[٢٧] **ثلاثة مبادئ** عامة لوصف المعلومات وسبر هويتها:

المبدأ الأول، المعلومات جزء لا يتجزأ من العناصر التي تشكل مادة الواقع، وهي على هذا الأساس مجموعة من النبضات الرقمية التي تتأرجح معانيها المحمولة بين أن تكون صادقة أو كاذبة. يطلق على هذا النمط من المعلومات اصطلاح «معلومات البيئة» (Ecological Information).

المبدأ الثاني، المعلومات هي محتوى دلالي يمارس مهمة تفسير وبيان عناصر الواقع، وهي المادة الجوهرية لتأسيس المعرفة البشرية.

المبدأ الثالث، المعلومات هي مادة توظف في إدارة وتنظيم الواقع، مثل المعلومات الجينية، ومعلومات المناخ، والخوارزميات، وغيرها من العناصر التي تستخدم في تسيير دفة أنشطة الواقع.

ويمكن لملمة هذه المبادئ وأساليب التعامل مع المعلومات في الجدول الرقم (٢ ـ ٢)، حيث حاولنا تحديد نهج التعامل معها من خلال الخطاطة المعرفية للمبادئ الثلاثة.

---

(٢٧) Floridi, «Two Approaches to the Philosophy of Information».

الجدول الرقم (٢ ـ ٢)

الخطاطة المعرفية للمبادئ المؤسسة لماهية المعلومات

النهج	الخطاطة المعرفية للماهية
نهج نظرية الاتصالات	المعلومات عبارة عن التوزيع الاحتمالي للمكان.
نهج الخوارزميات	المعلومات عبارة عن محتوى يمكن تعريفه على أساس حجم البتات لأصغر برنامج حاسوبي يستخدم لقياسها.
نهج الاحتمالات	المعلومات عبارة عن احتمال مكاني لنسيج دلالي، يرتبط بمعكوس العلاقة القائمة بين المعلومات ومستوى الاحتمال المناظر لها.
نهج شرطي	المعلومات عبارة عن فضاء شرطي.
نهج منظّم	المعلومات عبارة عن سيل من التغيرات التي تمرّ بها حالة فضاء النظام.
نهج استنتاجي	المعلومات عبارة عن فضاء استنتاجي ذي صلة بالحالة المعرفية.
نهج دلالي	المعلومات هي فضاء دلالي أحكم صوغه بدلالات ومعانٍ صادقة.

الفصل الثالث

أنموذج المنطق المضبّب وفرص معالجة المسائل الظنّية

«عندما يبزغ التعقيد تفقد العبارات الدقيقة دلالتها ومعانيها، أما العبارة المثقلة بالمعاني والدلالات، فتفتقر في كثير من الأحيان، إلى الدقة!»

لطفي زاده
مبتكر المنطق المضبّب

مقدمة

لقد ساد أنموذجا الكون الإقليدي، والمنطق الأرسطي في جميع الأنساق المعرفية التي تداولتها الأوساط العلمية لقرون متطاولة. واعتمد هاتين الركيزتين، في إرساء أنموذج فهمنا البشري، سيل الوقائع التي يكتظ بها الواقع الذي نعيشه في حياتنا اليومية.

بيد أن ظهور هندسات لاإقليدية موازية للهندسة الإقليدية (التي كنا نعدّها الهندسة الوحيدة لوصف العالم الذي نقطن فيه)، وبروز النظرية النسبية، ونظرية الكم، قد أسهم، إلى حد كبير، في إلقاء ظلال واسعة على الكثير من مفاهيمنا، وأحدث خللاً في جذورها المتينة، وغيّب عنها الكثير من سمات اليقين التي كنا نركن إليها عند معالجة الظواهر التي نعكف على دراستها.

لقد أظهرت نتائج البحث العلمي المعاصر، وجود فجوة كبيرة بين دقة الأنموذج الرياضي وصرامته، من جهة، وغياب الدقة عن بعض أوصاف المتغيرات التي نتعامل معها على أرض الواقع اليومي، من جهة أخرى. وقد وجد الباحث الإيراني الشهير لطفي زاده أن ثمة أنموذجاً جديداً لمنطق رياضي يمكن أن يقلّص مساحة هذه الفجوة، أطلق عليه اصطلاح «المنطق المضبّب» (Fuzzy Logic)، بوصفه منطقاً يمتلك مجموعة من الأدوات التي تقدر على معالجة تلك المنطقة الوسيطة، التي تفصل بين صرامة الرياضيات وتناسقها من جهة، ودائرة المتغيرات التي لا تتسم بمستوى كافٍ من الدقة (المضبّبة)، أو تسودها سمة التشويش، من جهة أخرى، حيث العالم الواقعي الذي نقيم فيه، ونتعامل معه.

ورغم أن الرياضيات نجحت في تحقيق نجاحات باهرة في حل الكثير من المسائل التي نشأت في تربة الواقع الذي حاول الإنسان تغييره في ضوء الأنساق المعرفية المطروحة لفهم الواقع والتعامل معه، بيد أن هناك الكثير من العقبات المعرفية التي لا تزال تشخص أمام توظيف المنهج الرياضي الصارم في بعض ميادين الاقتصاد،

وعلوم الاجتماع، وتحليل آلية اتخاذ القرار الصائب في دائرة تعاملنا اليومي، وحقول أخرى لا تتوافر في دائرة متغيراتها الدقة الموضوعية السائدة في العالم الفيزيائي، وهو ما يؤشر بوضوح إلى عدم قدرة الأنموذج الرياضي، وخوارزمياته، وصيغه البالغة الدقة على الانطباق على جل مساحة المتغيرات التي نتناولها بالدراسة والتحليل.

ويعدّ المنطق المضبّب، جسراً يتجاوز الفجوة المقيمة بين عتبة الدقة المصاحبة للمنطق التقليدي بسمته الحدّية، وغياب الدقة السائدة في العالم الواقعي ومحاولات الكائن البشري لتفسير المظاهر التي تحيط بنا في كل مكان(١).

بالمقابل، تكمن الخصائص الفريدة لهذا المنطق في قدرته على التعامل مع «المتغير اللغوي» (Linguistic)، الذي بات يطلق عليه اصطلاح «منهج الحوسبة بواسطة الكلمات» (Computing with Words)، وهو ما أسهم في فتح الأبواب على مصاريعها أمام إنشاء نماذج رياضية ومنطقية مبتكرة، لوصف الكثير من المسائل الشائكة في علومنا المعاصرة.

أولاً: مسألة البحث عن اليقين

تتجلى إحدى النتائج الكبيرة، التي حققتها جهود الإنسان في اكتناه أسرار الكون، في ظهور مجموعة من النماذج والأنساق المعرفية التي حاول أصحابها إنتاج مجموعة من «المنظومات المفاهيمية» (Conceptual Systems) شملت المنطق، والرياضيات، والفلسفة، والعلم(٢).

ويعد المنطق الأرسطي منهجاً يُعنى بإنشاء قواعد صورية، يمكن تطبيقها في أي عملية مقايسة عقلانية، ننشد من خلالها الوصول إلى اليقين. وعلى هذا الأساس فإن هذا العلم جعلنا قادرين على بناء جمل وعبارات تستخدم كأدوات ناجعة في عمليات المقايسة العقلية للمسائل المطروحة أمامنا.

فعلى سبيل المثال، فإن أي «كينونة» (Entity) موجودة في عالمنا الفيزيائي، سواء هي كائن معلوماتي، أو إنسان، أو مبدأ، أو نسق معرفي، فإنها تكون قابلة لسلسلة من عمليات المقايسة العقلانية للوصول إلى نتيجة محددة.

(١) Christian Freksa, «Fuzzy Systems in AI,» in: Rudolf Kruse, Jorg Gebhardt and Rainer Palm, eds., *Fuzzy Systems in Computer Science* (Wiesbaden: Vieweg, Teubner Verlag, 1994), pp. 155-169.

(٢) Dennis H. Rouvary, ed., *Fuzzy Logic in Chemistry* (San Diego: Academic Press, 1997).

ويمكن أن نباشر إحدى هذه العمليات، إذا قمنا بإطلاق تسمية محددة على كينونة ما نريد دراستها، ونعكف على تعريف خصائصها المميزة، ثم نباشر العمل عليها بسلسلة من الخطوات التي يطلق عليها بمعيار المناطقة اصطلاح «القواعد المنطقية» (Logical Rules). وتشكّل هذه القواعد المنطقية نسيج المنطق الأرسطي الذي أحكم سيطرته على منظومتنا المفاهيمية لفترة طويلة، ولا يزال تأثيره بادياً بجلاء في كثير من النماذج المعرفية لعلوم شتى في هذه الأيام.

تنتج قواعد المنطق الأرسطي، ومقايساته العقلية، معارف جديدة تم تأسيسها على نسق مفاهيمي محكم، شريطة أن تكون هوية الكينونة قيد الدراسة دقيقة، وخالية من ظاهرة غياب الصدق المنطقي للقضية[٣].

وتكمن العقبة الجوهرية في هذا الميدان، في صعوبة الظفر بتخوم الدقة المنطقية الصارمة للكينونة، ما لم تكن خصائصها الذاتية عبارة عن متغيرات منطقية صورية، أو مبادئ رياضية صارمة بعيدة من بقية الكينونات العلمية والعامية التي نستخدمها في حياتنا اليومية حيث يلفّها شيء من الغموض، أو الالتباس عند محاولة الكشف عن خصائصها الذاتية[٤].

وعلى هذا الأساس، يمكننا القول إن علم المنطق يمتلك القدرة على معالجة القضايا المطروحة في ساحته، بيد أنه يعجز عن أداء دوره في توليد استنتاجات صادقة بصورة مطلقة على الدوام، عند انتفاء أحد الشروط التي أرسى عليها بنيانه المعرفي. من أجل هذا يعدّه العلماء ضرورياً، ولكنه لا يرتقي إلى مرتبة الكفاية في ضمان صدق الاستنتاجات التي نجح في توليدها من سلسلة القضايا المنطقية التي عالجتها آلة استدلاله[٥].

إلى ذلك، يمكن تصنيف المعرفة التي نتعامل معها في جل أنشطتنا العلمية واليومية إلى صنفين جوهريين: «المعرفة اليقينية» (Certain Knowledge)؛ و«المعرفة غير اليقينية» (Uncertain Knowledge)[٦].

---

(٣) John L. Casti, *Searching for Certainty: What Scientists Can Know about the Future* (New York: William Morrow and Co., 1991).

(٤) Bertrand Russel, *Our Knowledge of the External World* (London: Allen and Unwin, 1914).

(٥) David Oldroyd, *The Arch of Knowledge* (New York: Methuen, 1986).

(٦) Freksa, «Fuzzy Systems in AI».

تسود المعرفة اليقينية في حدود الحقول المجردة عندما تكون الحقائق والقواعد مسلمات مطلقة تتطابق بصورة كلية مع الواقع. بالمقابل، فإن المعرفة المستمدة من الحقول المادية قد تكون عرضة للايَقين نتيجة لمحدودية الأنموذج الذي يصفها، أو عدم كفاية الأدوات المستخدمة لتجلية الكثير من خصائصها الكامنة.

وهنا يبرز أمامنا تبويب أكثر دقة لمحتويات المعرفة اليقينية يصنفها إلى محورين هما: المعرفة التامة حيث يكون غياب الحقائق اليقينية مكافئاً لوجود الحقائق التي تبطلها؛ والمعرفة الناقصة التي لا تسري عليها الشروط الحاكمة للمعرفة التامة(٧).

ويمكن للمعرفة غير اليقينية أن تنقسم إلى قسمين: **أحدهما**، معرفة تحتوي على «لايَقين قابل للقياس» (Quantifiable Uncertainty) حيث يمكن لنسبة محدودة من اللايَقين أن تصاحب محتواها؛ **والثاني**، معرفة تحتوي على لايقين مقارب لمحتواها، وبعدة مستويات من مراتب اللايَقين.

قد ينشأ اللايَقين عن التأثيرات الإحصائية، التي تنتج من عدم تكامل المحتوى المعرفي، أو نتيجة عدم الوضوح والضبابية التي تسود في مفرداتها المختلفة. وعلى هذا الأساس يمكن الظفر بمقياس كمّي لجانب اللايَقين المصاحب للمعرفة بتوظيف الطرق الإحصائية، التي تحاول إزالة الضوضاء الذي يسري في كيانها، أو باستخدام نماذج رياضية كمية توظف آليات «وضعية» (Empirical).

لقد تزايد الاهتمام، خلال القرون الثلاثة الأخيرة، بمسألة اللايَقين التي تكتنف الكثير من المسائل الرياضية والعلوم الصرفة. وقد توجهت أنظار الباحثين إلى توظيف آليات نظرية الاحتمال، والتحليل الإحصائي لاحتواء الضبابية، وغياب الوضوح الملتصق بالخطاب العلمي الذي يشوبه التعقيد في مختلف تجلياته المعرفية.

وقد برز اصطلاح «الاختلاط والتشويش» (Chaos)، لكي يعزز موقف نظرية الاحتمالات، فأضحى تفسير سلوك النظام في حالة التشويش والاختلاط يرتكز على مبدأ العشوائية واللاانتظام. وبعد أن تعمقت البحوث في ميدان التشويش والاختلاط ظهرت محاولات جديدة، لوضع حد فاصل بين هذه الظاهرة والسلوك العشوائي، فذهبت إلى عدّ التشويش مظهراً من المظاهر التي تسود في نظام تحكمه بضعة عوامل،

---

(٧) المصدر نفسه.

أما السلوك العشوائي فيمكن أن يعد مظهراً من مظاهر سيادة عدد كبير من المتغيرات المتباينة لبيئة النظام[٨].

ونجم عن ابتكار «المنطق متعدد القيم» (Multivalued Logic) حصول تغيير ملحوظ في منظومة المفاهيم العلمية التي تعالج مسألة اللايَقين، بعد أن بات واضحاً أن هناك مدى تتأرجح عليه نتيجة المقايسة المنطقية للمسألة، وهو ما مهد السبيل أمام ظهور نظرية المنطق المضبّب لمعالجة هذه المسألة، بمنطق مستحدث، يوظف النسق المفاهيمي للقرن العشرين في معالجة العقبات المعرفية التي تقف أمام حركة البحث العلمي.

ولا يكاد يخفى علينا جميعاً ما قد يحمله الخطاب العلمي من مفردات، تتسم بالغموض، والاختلاط بالمفاهيم، وعدم وضوح الحدود المفاهيمية للعبارات التي نُكثر من استخدامها في خطابنا العلمي المألوف. ونجد أنفسنا من جهة أخرى قبالة شبكة من البُنى المفاهيمية، التي ورثناها من السجل العلمي للعقل البشري، الأمر الذي يطرح علينا بإلحاح أكثر من مسألة جوهرية بحاجة إلى إجابة حاسمة، قد تحدث تغييراً كبيراً في أنساقنا المفاهيمية، وتغيّر الكثير من مفردات الخطاب العلمي المعاصر. ومن هذه المسائل نبرز ما يلي:

(١) عجز المنطق الأرسطي عن احتواء المسائل العلمية المعاصرة وتعامله مع مفردات الحياة اليومية التي قد لا تتسم بالوصف الصارم لهذا المنطق الصوري.

(٢) حصول تحولات جذرية من ساحة المنطق أحادي المتغير باتجاه المنطق متعدد القيم، وبأنساق مختلفة.

(٣) سيادة القدرة لدينا على التعامل مع مسائل ذات صلة بالواقع الميداني والتعامل معها بمنظور يبتعد كثيراً عن النظريات الاحتمالية التقليدية.

مهدت هذه المسائل، وأخرى يطول ذكرها، للتعامل مع ظاهرة اللايَقين عبر النسق المعرفي للمنطق المضبّب. ويظهر الجدول الرقم (٣ ـ ١) أهم التطورات التاريخية التي أسهمت في تطوير فهمنا لمسألة اللايَقين، حيث مهدت لظهور المنطق المضبّب، الذي أثبت، مع مرور الوقت، قدرته المتميزة على التعامل معها.

---

(٨) Rouvary, ed., *Fuzzy Logic in Chemistry*, p. 18.

ويبدو واضحاً مما ذكر أن نهاية النصف الأول من القرن العشرين، كانت تربة خصبة لبروز الكثير من الأفكار التي أفرزت المنطق المضبّب، وأرست أسسه المتينة في أرضية النشاط العلمي المعاصر. ويمكن أن نعد هذا المنطق المستحدث معالجة جديدة لمسألة اللايَقين، بمنطق مبسط، يسعى إلى تصنيف فئات الكائنات التي لا يمكن أن تعد كائنات رياضية بصورة قطعية، ضمن نسق رياضي منطقي، يهدف إلى التعامل مع الحدود غير الدقيقة، لخصائصها بواسطة الفئة ذاتها، ومن دون الحاجة إلى افتراض وجود ما يطلق عليها المتغيرات العشوائية.

الجدول الرقم (٣ ـ ١)

بعض التحولات الجوهرية في فهمنا لمسألة اللايَقين التي تمخضت عن نشوء المنطق المضبّب

الباحث	السنة	الخطوط العامة للمساهمة
بول	١٨٥٤	اقترح عدم كفاية المنطق الأرسطي للتعامل مع جميع المسائل العلمية المطروحة على بساط الحركة العلمية.
ماك كول	١٨٩٦	تطوير منطق ثلاثي الأبعاد.
بيرس	١٩٠٢	مناقشة عدم الوضوح في العلم واقتراح رياضيات جديدة.
فاسيلي	١٩١٠	تطوير منطق ثلاثي القيمة.
لوكاسفيتش	١٩١٧	تطوير أسس محكمة للمنطق ثلاثي القيمة.
راسل	١٩٢٣	صوغ تعريف دقيق لظاهرة غياب الوضوح.
لوكاسفيتش	١٩٣٠	تطوير منطق متعدد القيم.
زفيجي	١٩٣٣	طرح مبدأ مرونة الحقيقة العلمية، وتوظيف المنطق المتعدد القيم على مسائل علمية متباينة.
بلاك	١٩٣٧	اقتراح إمكانية تحديد مستويات غياب الوضوح بتوظيف دالّة الاتساق والتماسك.
قابلان وشووت	١٩٥١	تطوير رياضيات للتعامل مع الأصناف وبمستويات عضوية تراوح بين ٠ و١.
زاده	١٩٦٥	طرح مفهوم المجموعة المضببة.
زاده	١٩٧٥	تطوير نظرية الإمكان حيث تسلك المجموعات المضببة بوصفها محددات مرنة على عوامل النظام المختلفة.

المصدر: Dennis H. Rouvary, ed., *Fuzzy Logic in Chemistry* (San Diego: Academic Press, 1997), p. 22.

واقترح لطفي زاده استخدام المجموعات المضببة بنفس الطريقة التي تستخدم فيها المجموعات التقليدية. لأن المجموعة المضببة ليست سوى محاولة لتعميم المجموعة الحدية، وتوسيع دائرتها. فكل عنصر في المجموعة المضببة ينتمي إلى المجموعة ذاتها بصورة جزئية، بمعنى آخر، أن انتمائه إلى المجموعة الحدّية سيكون محكوماً بدالّة العضوية، التي تعرّف مستوى الانتماء إلى المجموعة الحدية.

ثانياً: المتغير المضبّب والمتغيّر اللغوي

بعد أن أطلق المنطق المضبب دعوته إلى «الحوسبة بالكلمات» أضحى حضور «المتغير اللغوي» (Linguistic Variables) حضوراً راسخاً، ودوراً حاكماً في تطبيقات البيئة المضبّبة. ويتميز المتغير اللغوي باستخدام الكلمات التي تسود خطابنا اليومي للتعبير عن الخصائص التي نروم وصفها، وزجّها في عمليات الحوسبة التي تسري في بيئته.

فعلى سبيل المثال، يمكن أن نعدّ متغيراً مثل درجة حرارة الماء، متغيراً لغوياً، متى تم التعبير عن طيف التغير الحاصل بقيمه، بواسطة كلمات، بدلاً من القيم العددية. فنعبّر عن قيمه بعبارات لغوية مثل: بارد، دافئ، ساخن، مغلي.

كذلك يوفر المتغير اللغوي أسلوباً منهجياً للتعبير التقريبي لظاهرة تتسم بتعقيد شديد يحول دون التعامل معها بأساليب التمثيل والوصف المعرفي التقليدي، أو لا يمكن وصفها بوصف محدد، فيتحول وصفها بواسطة هذا النمط إلى متغير يمكن التعامل معه في الوسط المنطقي والرياضي، بعد أن تحدد معالم ودقة الاستخدام للوصف الجديد.

ويعبّر عن المتغير اللغوي بخمسة عناصر *Quintuple* هي $(x, T(x), U, G, M)$، تمثل:

X اسم المتغيّر اللغوي.

$T(x)$ مجموعة الأسماء التي تعبّر عن قيم المتغير اللغوي، حيث يصاحب كل قيمة من قيمها متغير مضبّب ضمن المتغير U.

G قاعدة نحوية (Syntactic Rule) تستخدم لتوليد أسماء القيم المناظرة للمتغير اللغوي x.

M قاعدة دلالية (Semantic Rule) تنهض بمهمة ربط كل قيمة من قيم المتغير اللغوي x بما يحمله من معنى.

ويمكن لوصف «الصدق» (Truth) المصاحب للمتغير اللغوي أن تكون له محمولات تتناسب مع مضامين الوصف المضبّب للقضايا المنطقية المطروحة:

T = كاذبة مطلقاً، كاذبة جداً، كاذبة، كاذبة نسبياً، صادقة، صادقة نسبياً، صادقة جداً، صادقة مطلقاً.

أما المتغير المضبّب فيعبّر عنه بواسطة ثلاثة عناصر هي: $(X,U,R(X))$ حيث يمثل:

X اسم المتغيّر المضبّب المعبّر عن هويته.

U المجال أو المشهد الكلي للخطاب اللغوي (Universe of Discourse) الذي يحضر فيه المتغيّر.

$R(X)$ المجموعة المضببة التي ينتمي إليها المتغير.

ويعد المتغير اللغوي أعلى مرتبة من المتغير المضبّب (على سلّم التعبير عن المتغيرات) بسبب حضور المتغيّر المضبّب في دائرته بوصفه متغيراً من متغيراته.

ويوفر هذا المتغير فرصة تجميع عناصر متعددة، في مجاميع، حيث يمكن التعامل معها بدقة أقل، الأمر الذي يدعم تعاملنا مع منظومات معرفية تتسم بتعقيد بالغ. ويمكن في الوقت ذاته استخدام «الكلمات المرنة» (Linguistic Hedges) مثل عبارة: غير ساخن، أو حار جداً، الأمر الذي يتيح لنا فرصة إنشاء مجموعة متنوعة من العبارات المضبّبة التي يمكن معالجتها بالأساليب الرياضية.

ويمكن أن نورد شاهداً على التعبير عن ظاهرة أو مسألة شرعية بعبارة المتغير اللغوي لكي تتضح أمامنا الفرص المتاحة لـزَجّ المنطق المضبّب في دائـرة العلوم الإسلامية.

فإذا أردنا أن نعبر عن قيمة المتغير x = «الماء».

(الماء) T = طاهر مطهر، طاهر غير مطهر، نجس.

G بديهية ذات صلة تتعلق بتحديد كمية الماء التي تحمل الخبث، فتحيله إلى ماء نجس.

ستبرز أمامنا الصيغ التالية:

(القليل) M مجموعة مضببة لكميات من الماء تقل عن قلتين[٩].

(الكثير) M مجموعة مضبّبة لكميات من الماء تساوي أو تزيد على قلتين.

وتستخدم التعابير المرنة أو الفضفاضة لتغيير مضامين التعابير اللغوية ومنحها معاني أشد خصوصية. وخير مثال على هذه التعابير الكلمات التي نلحقها بالأوصاف التي نتداولها بحياتنا اليومية: «جداً»، جزئياً»، «كحد أدنى»، عميق جداً»، «بإفراط».

ويوظف هذا النمط من التعابير في «القيم الصادقة المضبّبة» (Fuzzy Truth Values)، «الاحتمالية المضبّبة» (Fuzzy Probabilities)، العبارات الإسنادية/ المحمولة المضببة (Fuzzy Predicates).

وندرج أدناه شواهد على إلحاق التعابير المرنة بالعبارات المضبّبة أعلاه:

- تعديل العبارات الإسنادية المضببة: «الزنا أشد حرمة».
- تعديل القيمة الصادقة المضبّبة: «الصلاة واجبة عبارة صادقة جداً».
- تعديل الاحتمالية المضبّبة: «الماء طاهر عبارة مقبولة إلى حدّ ما».
- تعديل العبارة الإسنادية والقيمة الصادقة: «شديد الكراهة عبارة صادقة جداً».

ويطلق على استخدام التعابير المرنة اصطلاح «التعديل» (Modification)، بينما يطلق على الدور الذي تمارسه هذه التعابير «التعديل/ التبديل»، بينما يطلق على التعبير الذي يمارس هذه المهمة «المعدّل» (Modifier).

بصورة عامة تصنف المعدلات بحسب تأثيرها في التعابير التي تلحق بها **ثلاثة** أصناف:

الصنف الأول: معدّلات قوية كونها تمارس دوراً فاعلاً في تقوية الإسناد/ المحمول من خلال تقليل قيمة الصدق المصاحبة للقضية.

---

(٩) اعتمدنا في تحديد قيم هذا المتغير ممّا ورد في حديث رسول الله (ﷺ)، والذي اعتمده الإمام الشافعي في تحديد قابلية الماء على حمل الخبث من عدمه، والذي ينص «إذا بلغ الماء قلّتين لم يحمل خبثاً». وقد اعتمد بقية أئمة المذاهب محددات أخرى لتحديد كمية الماء القليل، والكثير. انظر: محمد بن علي بن حجر العسقلاني، **التلخيص الحبير**، تحقيق محمد الثاني بن عمر بن موسى (الرياض: مطبعة أضواء السلف، ١٩٩٥)، ج ١، ص ١٨.

الصنف الثاني: معدّلات ضعيفة كونها تسهم في إضعاف المحمول من خلال زيادة قيمة الصدق المصاحبة للقضية.

الصنف الثالث: معدّل الهوية الذي لا يمتلك تأثيراً في المحمول بسبب عدم تأثيره في قيمة الصدق المصاحبة للقضية.

ثالثاً: مرتكزات المنطق المضبّب

تبدأ تخوم المنطق المضبّب عندما تبرز أمامنا «المجموعة المضبّبة» (Fuzzy Set) كبديل ملائم للمجموعة الحدّية الكلاسيكية، التي لم تعد تفي بمتطلبات الفهم الرياضي والمنطقي الجديد في أنساق فكرنا العلمي المعاصر.

ولكي نفلح في عملية التنقير عن ماهية المرتكزات التي يرتكز عليها هذا العلم المستحدث، سنحاول أن نخطو برفقٍ، وأناة، في كل بقعة من ميادينه النظرية قبل مباشرة التطبيقات في فضاء المعرفة الإسلامي.

١ ـ المجموعة المضبّبة مقابل المجموعة الحدّية الكلاسيكية

تعرّف المجموعة المضبّبة بأنها تلك المجموعة من المتغيرات التي لا يمكن أن نعدها «بيّنة» (Crisp)، ولا يمكن تعريف حدودها بصورة واضحة ودقيقة(١٠).

ولكي نصبح أقرب فهماً إلى المجموعة المضبّبة، ينبغي في البداية أن ندرك حقيقة المجموعة الكلاسيكية (Classical Set).

وتتألف المجموعة من وعاء يتضمن أو يستبعد أي عنصر من العناصر. فعلى سبيل المثال، ينبغي أن تتضمن مجموعة عناصر الصلاة، عناصر النيّة، والطهارة، والعقل، والتوجّه إلى القبلة؛ وفي الوقت نفسه، فإنها يجب ألّا تتضمن عناصر مثل أيام الأسبوع، والنصاب... إلخ، والتي لا صلة مباشرة لها مع هذه العناصر.

ويطلق على مثل هذه المجموعة اصطلاح المجموعة الكلاسيكية، لأنها تعود إلى الفيلسوف وعالم المنطق اليوناني أرسطو الذي وضع اللبنة الأولى لنظرية المجموعات التي ألفنا التعامل معها في ميادين الرياضيات والمنطق(١١).

---

(١٠) Mathworks, *Fuzzy Logic ToolBox*, Users Guide, Version 12 (2001).

(١١) James C. Bezdek, «Fuzzy Models: What are they, and Why?,» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 1, no. 1 (February 1993).

وينص قانون «الوسط المستبعد» (Excluded Middle) الذي وضعه أرسطو، على أن المتغير X ينبغي أن يكون إما في المجموعة A، أو في مجموعة ليست A. بمعنى آخر فإن أي موضوع (مهما كانت طبيعته) إما أن يجزم بوقوعه في دائرة مجموعة محددة من المبادئ والمفاهيم، أو ينتفي انتماؤه إلى المجموعة لوقوعه خارج حدودها.

وعلى هذا الأساس، يمكننا معاودة النظر إلى مجموعة عناصر الصلاة، (ولنختر عنصر النيّة، على سبيل المثال). فإن كون هذا العنصر ينتمي إلى مجموعة عناصر الصلاة، تجعله محكوماً بالقاعدة المنطقية التي إما أن تجزم بوقوعه في هذه المجموعة، أو تنفي انتماءه إليها (ونحن قمنا منذ البداية بحسم مسألة انتمائه إلى المجموعة عندما اعتبرناه عنصراً من عناصرها في المثال السابق).

وفي الوقت نفسه فإن هذا القانون يطرح بإلحاح مسألة معكوس هذه القضية المنطقية، التي تنصّ على أن الفئتين: عناصر A، ومجموعة العناصر التي لا ينتمي إليها العنصر ذاته، ينبغي أن يوجد بينهما ميدان كلي/ شامل (Universe). فكل عنصر من العناصر التي نتعامل معها إما أن تنتمي إلى مجموعة أو لا تنتمي إليها، بمعنى آخر فإن الطهارة لا يمكن أن تعد عنصراً من عناصر الصلاة، ولا تنتمي إلى عناصر أحكام الطهارة في الوقت ذاته.

ولعلنا نتفق جميعاً، على أن عناصر: النية، والعقل، والطهارة، تنتمي جميعاً إلى مجموعة عناصر الصلاة ومقدماتها. بالمقابل ماذا نقول بشأن مسألة البلوغ؟ هل نستطيع أن نعدّه ضمن عناصر هذه المجموعة أو خارجها؟

بالمقابل، فإن المعرفة البشرية لا تتفق تماماً مع المبدأ الصارم الذي يطرحه المنطق الأرسطي، وتتقبل مفهوم العناصر المقيمة على حدود مجاميع العناصر، عند وجود ثمة صلة، أو شائبة لارتباط جزئي بين العنصر، وخصائص مجموعة من المجاميع.

وعند هذه النقطة تبرز حقيقة غياب حدود (نعم/ لا) الصارمة عن دائرة تعاملنا اليومي بجميع مستوياته المعرفية، وذلك لوجود مناطق غير جلية لا يمكن القطع بصلاحية حكم القضية المنطقية إزاءها على أرض الواقع.

وهنا يصدع المنطق المضبب بمقولته الجوهرية، التي تؤكد أن صدق أي قضية عبارة عن مستوى من مستويات متباينة لدرجة انطباقها مع الواقع. بمعنى آخر، كما يوجد أمامنا قضية صادقة بصورة كلية، أو بالعكس، فهناك ثمة صدق، أو لا صدق

جزئي بمستوى يتحدد من خلال المعالجة المعرفية، أو المنظور الذي ننظر من خلاله إليها. وقد أطلق على هذه المستويات اصطلاح «دالّة العضوية» (Membership Function)، التي يتم من خلالها تحديد نسبة انتماء المتغير المنطقي إلى خصائص المجموعة.

٢ ـ الوصف الرياضي لمجموعتي العناصر الكلاسيكية والعناصر المضبّبة

سنحاول أن نمر مروراً سريعاً بأهم الخصائص الرياضية للمجموعتين الكلاسيكية والمضبّبة لكي تتعمق معرفتنا بأهم الفروق المقيمة بينهما، ولكي نمهد الطريق أمام زيادة معرفتنا وقدرتنا على التعامل مع المنطق المضبب وتطبيقاته على أرض الواقع(١٢).

أ ـ المجاميع الكلاسيكية (Classical Sets)

تتألف المجموعة الكلاسيكية «الحدّية» (Crisp) من مجموعة عناصر أرسيت حدودها بصورة بيّنة(١٣). وتسمح هذه النظرية بإنشاء مجموعات حدّية كبيرة، تحتوي عدداً كبيراً من المجاميع الصغيرة، التي تضم بمجموعها الميدان الكلي/الشامل (Universe) عندما تصف بدقة الحدود المميزة للعناصر التي تقيم في الدائرة الشاملة لعناصر هذه المجموعة.

وفي جميع الحالات، يمكن لأي عنصر جديد أن يدخل في دائرة المجموعة شريطة خضوعه لاختبار رياضي يؤكد انتماءه إلى الخصائص الجامعة لعناصر تلك المجموعة. وتتم عملية الاختبار بواسطة «دالّة الخاصية» (Characteristic Function).

وفي ضوء المرتكزات الرياضية والمنطقية للمجموعة الحدّية، فإن العنصر إما أن ينتمي إلى مجموعة بذاتها، أو لا ينتمي إليها بصورة مطلقة. فإذا كان رمز المجموعة قيد

---

(١٢) Robert Babuska, «Data-Driven Fuzzy Modeling: Transparency and Complexity Issues,» Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and Systems Control Engineering Laboratory, Mekelweg ,GA Delft, The Netherlands (2001).

(١٣) Riza C. Berkan and Sheldon L. Trubatch, *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases* (New York: IEEE Press, 1997).

الاختبار هو A، فإن اختبار انتماء العنصر x الذي سيتم بواسطة دالّة الخاصية ستسري عليه الصيغة الآتية:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \chi \in A \\ 0 & \chi \notin A \end{cases} \quad \text{.............................} \quad (١)$$

يمثل العددان ١ و٠ «مجموعة تخمين» (Valuation Set)، وتؤشر القيمة الأولى (١) إلى انتماء المتغير x إلى المجموعة A، أو انتفاء انتمائه إليها بناء على مقدار القيمة الثانية، (٠) على التوالي، والتي غالباً ما يشار إليها عبر قيمتين تقبع بين القوسين المعقوصين (Curly Brackets) $\{1,0\}$.

وباستخدام القوسين المعقوصين ومعاودة كتابة المعادلة (٣.١)، يمكن صياغة المجموعة الحدّية A كما في المعادلة الآتية:

$$A = \{(x, \chi_A(x))\} \quad \text{.......................................} \quad (٢)$$

حيث يطلق على الحد $\{(x, \chi_A(x))\}$ اصطلاح «المنفرد» (Singleton). ونتيجة لكون دالّة الخاصية تفرّق فقط بين الانتماء، أو عدم الانتماء إلى مجموعة ما، ستتوافر أمامنا فرصة إعادة الصيغة الوصفية للمجموعة A بواسطة الصيغة $A=\{x\}$ بعد أن عمدنا إلى تضمين العناصر التي تكون قيمة دالّة خاصيتها للعدد ١.

ب ـ المجاميع المضبّبة (Fuzzy Sets)

يمكن تعريف المجموعة المضبّبة بأنها عبارة عن مجموعة من العناصر البيّنة التي تمتاز بدرجات متفاوتة من الانتماء، أو حضور ما يؤكد الصلة الوثيقة فيما بينها. وفي هذه الحالة لم يعد هناك ثمة تأثير معنوي، ودور ملموس لاختبار دالّة الخاصية لأنها تحدد مقدار الصلة الوثيقة المقيمة بين عناصر المجموعة، أو طبيعة انتمائها. وبذلك تتحول دلالة دالّة الخاصية إلى اصطلاح جديد هو «دالّة العضوية» (Membership Function) حيث تراوح قيمتها ضمن مدى للقيم يراوح بين ١ و٠ حيث تعرض دائماً بين قوسين مستقيمين [1,0][١٤].

---

(١٤) Jan Jantzen, «Tutorial On Fuzzy Logic,» Technical University of Denmark, Department of Automation, Technical Report no. 98-E 868, Lyngby, Denmark (19 August 1998).

إن معاودة كتابة المعادلة (٤.٢) بجميع رموزها، مع قولبتها، لكي تتوافق مع النسق المعرفي للمنطق المضبّب، ستظهر أمامنا الصيغة الرياضية المناسبة لوصف المجموعة المضبّبة كما في المعادلة الآتية:

$$A=\{(x,\mu_A(x))\},\ \ x\in X \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

حيث يرمز المتغير μ إلى دالّة العضوية، وأن الحد $\{(x,\mu_A(x))\}$ سيكون عبارة عن حد منفرد (Singleton)[١٥].

كما يمكن أن نصف المجموعة المضبّبة بصيغة أخرى تأخذ الوصف الرياضي الآتي:

$$A=\bigcup_{x_i\in X}\mu_A(x_i)\big|x_i \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤)$$

وفي هذا المقام تصبح المجموعة المضبّبة A عبارة عن مجموعة أو اتحاد من جميع الحدود المنفردة التي تم وصفها بواسطة الحد $\mu_A(x_i)\big|x_i$.

ويمكن تحديد الفرق المقيم بين المجموعة الحدية (الكلاسيكية)، والمجموعة المضبّبة من خلال الفروق السائدة بين دالتي الخاصية (دالّة العضوية) الخاصة بكل منهما.

فكون المجموعة A مجموعة حدية يمكن اعتباره من خلال دالّة العضوية التي تحدد بدقة حدود هذه المجموعة على طوال الميدان الكلي/ الشامل. أما إذا كانت المجموعة A مجموعة مضبّبة فيمكن تحديدها في ضوء توزيع قيم دالّة العضوية التي تحدد مستوى صلتها/ أو انتمائها على طول الميدان الكلي/ الشامل أيضاً. وهنا يكمن الفرق الجوهري في عدم ثبوت قيمة دالّة العضوية وتباين مستوياتها بحسب ميدان وصف عناصرها[١٦].

---

(١٥) F. Spagnolo, «Fuzzy Logic, Fuzzy Thinking and the Teaching/Learning of Mathematics in Multicultural Situations,» The Mathematics Education into the 21st Century Project Proceedings of the International Conference the Decidable and the Undecidable in Mathematics Education, Brno, Czech Republic (September 2003).

(١٦) Martin Hellmann, «Fuzzy Logic Introduction,» Laboratoire Antennes Radar Telecom, F.R.E CNRS 2272, Equipe Radar Polarimetrie, Universit de Rennes 1, UFR S.P.M, France, 2001.

٣ ـ دالّة العضوية

بصورة عامة تصاغ «العلاقة» (Relationship) المقيمة بين المتغيرات لغرض وصف توزيع صدق انطباق الوصف على متغيراتها[١٧]. فعلى سبيل المثال إطلاقنا وصف «رخيص الثمن» على سلعة من السلع يمكن أن يفسر على أساس مقدار التوزيع الكمّي للعنصر حول القيمة x. وعليه فإن أي قيمة لسلعة من السلع تقع ضمن هذا التوزيع يمكن تفسير انطباقها على الوصف «رخيص الثمن» رغم اختلاف مستويات الصدق أو الموثوقية في إطلاق هذا الوصف[١٨].

إن معاودة قراءتنا لمعادلة المجموعة المضبّبة (٣) ستولد لدينا أكثر من استنتاج منها:

ـ توصف درجة دالّة العضوية في مجموعة من المجموعات المضبّبة بقيمة عددية تراوح بين ٠ و١. وتؤشر القيمة ١ إلى الانتماء الكلي للمجموعة، أما قيمة ٠ فتؤشر إلى عدم انتمائها. بالمقابل، فإن القيم العددية المقيمة بين هاتين القيمتين فتصف مقدار ارتباط الجزئي للعنصر إلى المجموعة ذاتها.

ـ يطلق على «حقل» (Domain) القيم العددية لعناصر المجموعة التي تقع في ظل دالّة العضوية اصطلاح «الميدان الشامل/ الكلي للمجال» (Universe of Discourse).

ـ يختلف مظهر «الوصف الرسومي لدالّة العضوية» (Membership Shape) في ضوء الخصائص الحاكمة لعناصر المجموعة المضبّبة.

وقد اقترح العاملون في هذا الميدان أكثر من شكل معياري لطبيعة التغاير في قيمتها. ويمكن اختيار أي منها في ضوء الخصائص النوعية لعناصر كل مجموعة من المجموعات المضبّبة التي نتناولها بالدراسة والتحليل[١٩].

يعبّر عن المعالجة النظرية الصرفة للمجموعة المضبّبة A، التي تتألف من الميدان الكلي للمجال بالمعادلة:

$$X = \{x\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٥)$$

---

(١٧) Stamatios V. Kartalopoolos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications* (New York: IEEE Press, 1996).

(١٨) Roger Jang and Ned Gulley, «MATLAB Fuzzy Logic Toolbox,» Version 1.0, The MATHWORKS Inc., 1997.

(١٩) Bezdek, «Fuzzy Models: What are they, and Why?».

ويمكن التعبير عنه بواسطة رسم دالّة العضوية:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,\alpha] \quad \text{...} \quad (٦)$$

والذي يتم بواسطته تحديد قيمة عددية للعنصر x على خط الاتجاه $[0,\alpha]$، حيث يؤشر إلى مقدار انتماء العنصر x إلى خصائص المجموعة A.

٤ ـ أنواع دوالّ العضوية

يتوافر، في الوقت الراهن، ونتيجة لتوسع مساحة استخدام المنطق المضبب على طيف واسع من التطبيقات، وفي حقول شتى، أنواع متعددة من دوالّ العضوية التي يكثر استخدامها في وصف المنظومات المضبّبة، وفي البيئة المحوسبة لهذا المنطق الفتي[٢٠].

بصورة عامة، تتوافر أمامنا فرصة تصميم دالّة العضوية بثلاث طرق:

(١) عبر مناقشة المتخصصين بالموضوع قيد الدراسة، لاستنباط المعرفة المتراكمة لديهم في تحديد سمات دالّة العضوية، وخصائصها التي تصف المنظومة المضبّبة بصورة دقيقة.

(٢) عبر إنشائها بصورة آلية من البيانات الحقلية المتوفرة، وبتوظيف تقنيات حاسوبية ذكية.

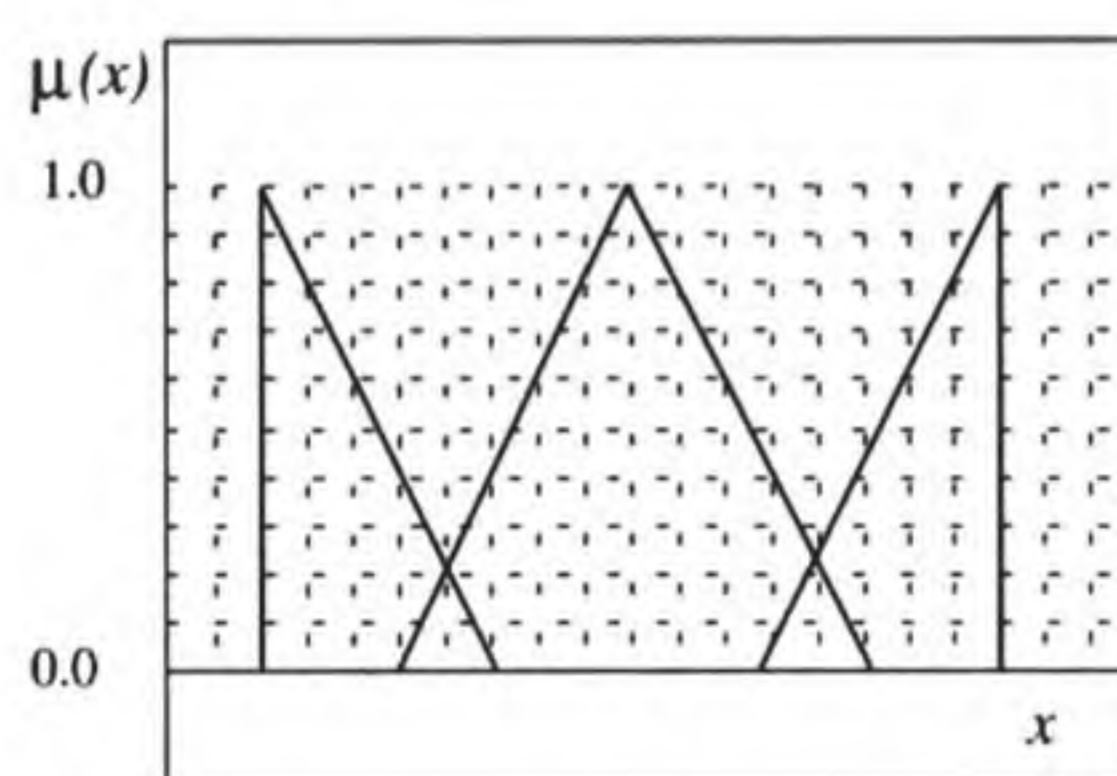
(٣) توظيف تقنيات الشبكات العصبونية، وتدريبها على المعلومات التي يتم التوصل إليها بالتغذية العكسية من مخرجات المنظومة ذاتها، أو منظومات مقاربة في خصائصها النوعية. فتنتج لنا أنماطاً وضعية لدالّة العضوية تتوافق إلى حد كبير مع خصائص النظام ومستويات تكيف متغيراته مع معطيات الواقع.

بصورة عامة، فإن الدالتين ذات «القالب المثلثاتي» (Triangular Shape) و«القالب الرسغي» (Trapezoid Shape) هما أكثر أنواع دوالّ العضوية شيوعاً، حيث يميل الكثير من الباحثين إلى استخدامهما في أنموذج المنطق المضبّب بصرف النظر عن ماهية التطبيق المستخدم على أرض الواقع[٢١].

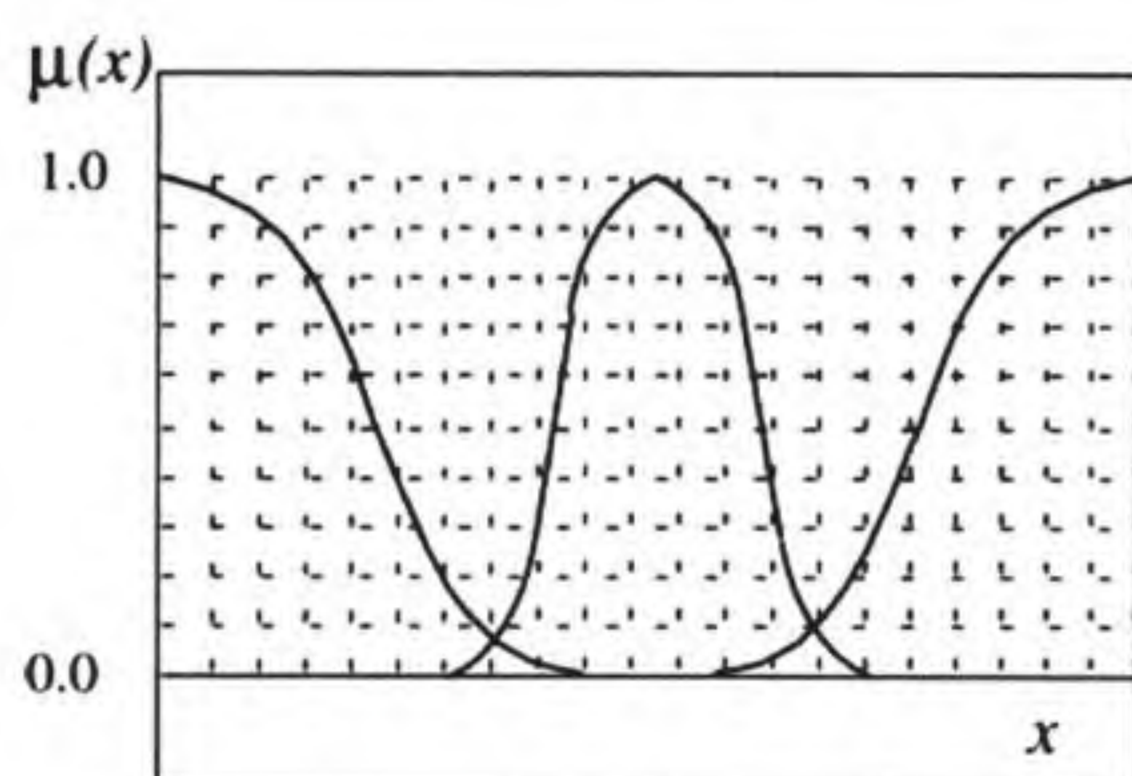
(٢٠) John Yen and Reza Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information* (New York: Prentice Hall, 1999).

(٢١) Jang and Gulley, «MATLAB Fuzzy Logic Toolbox».

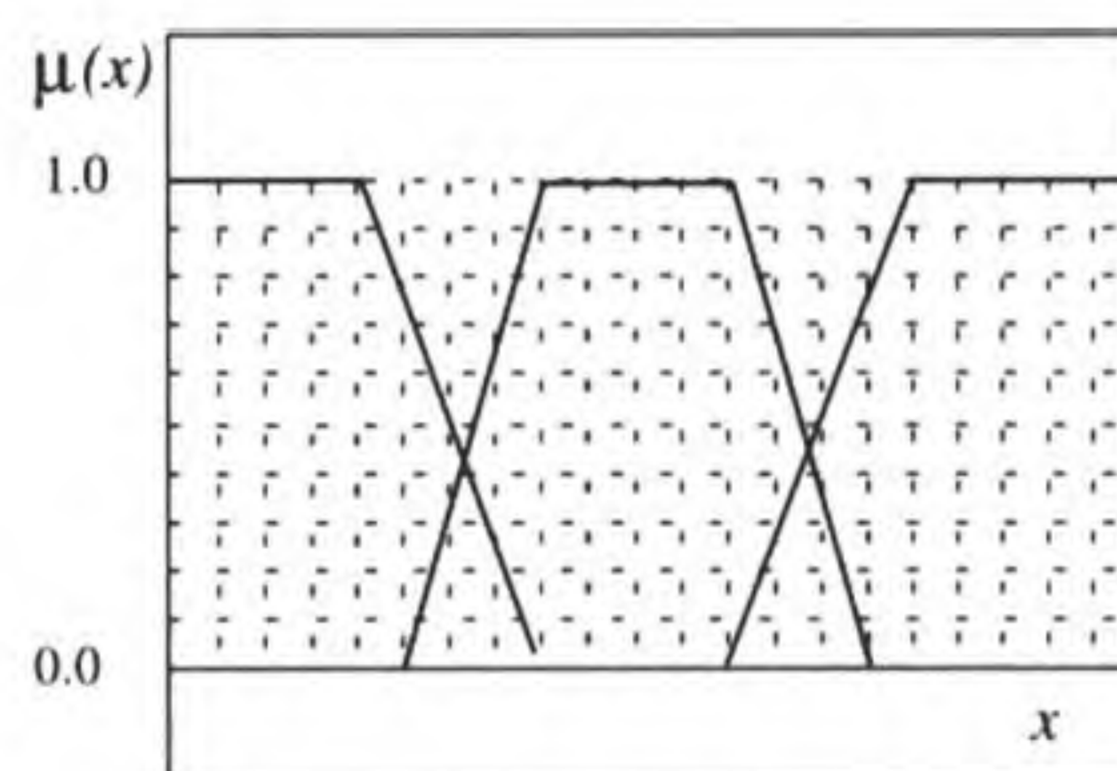
الشكل الرقم (٣ ـ ١)
نماذج متنوعة من أشكال دوالّ العضوية السائدة



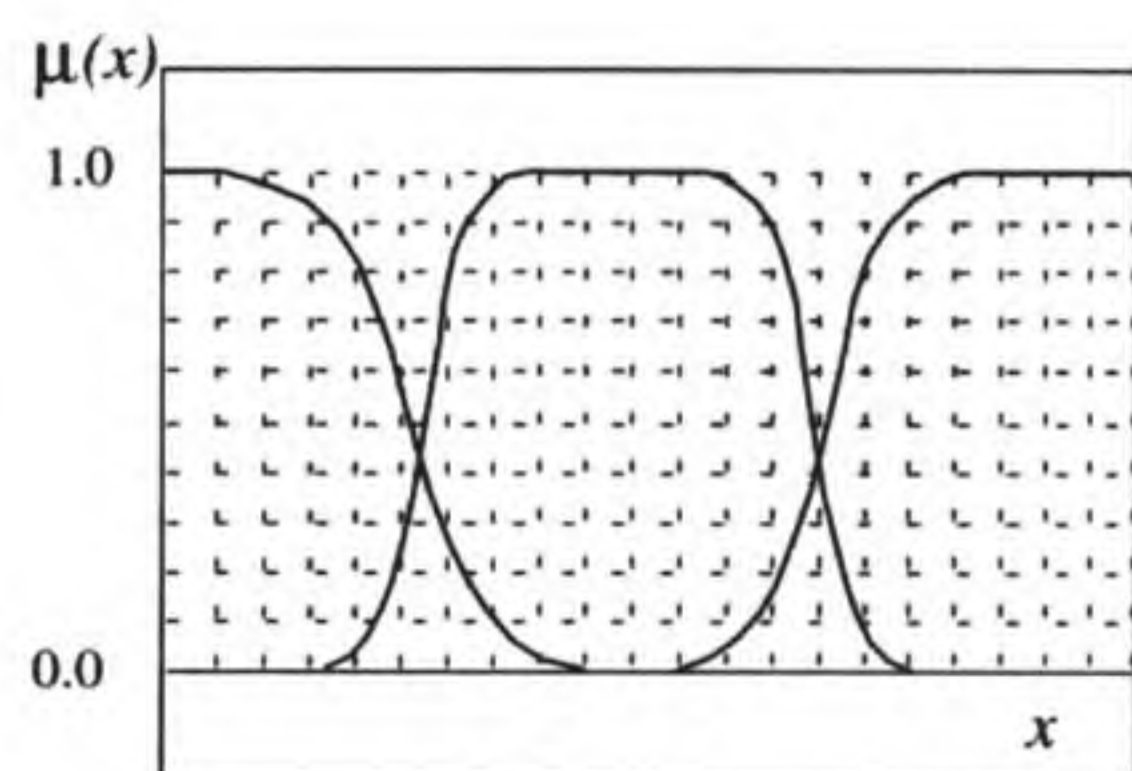
١



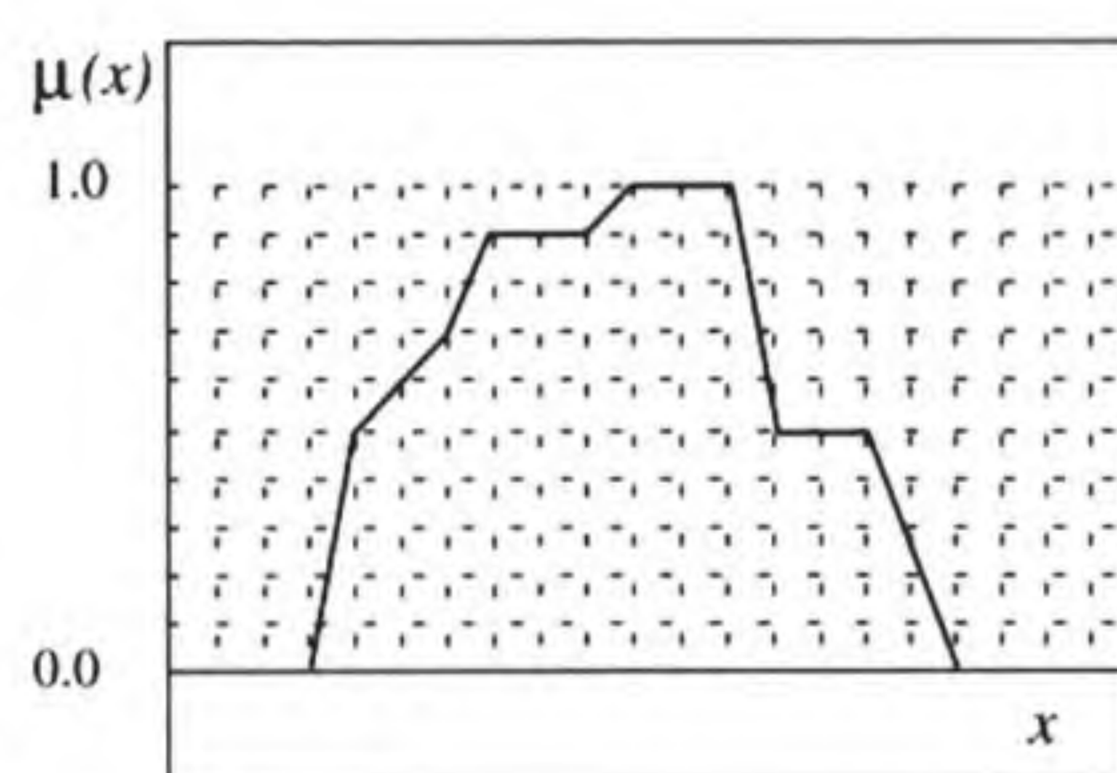
٤



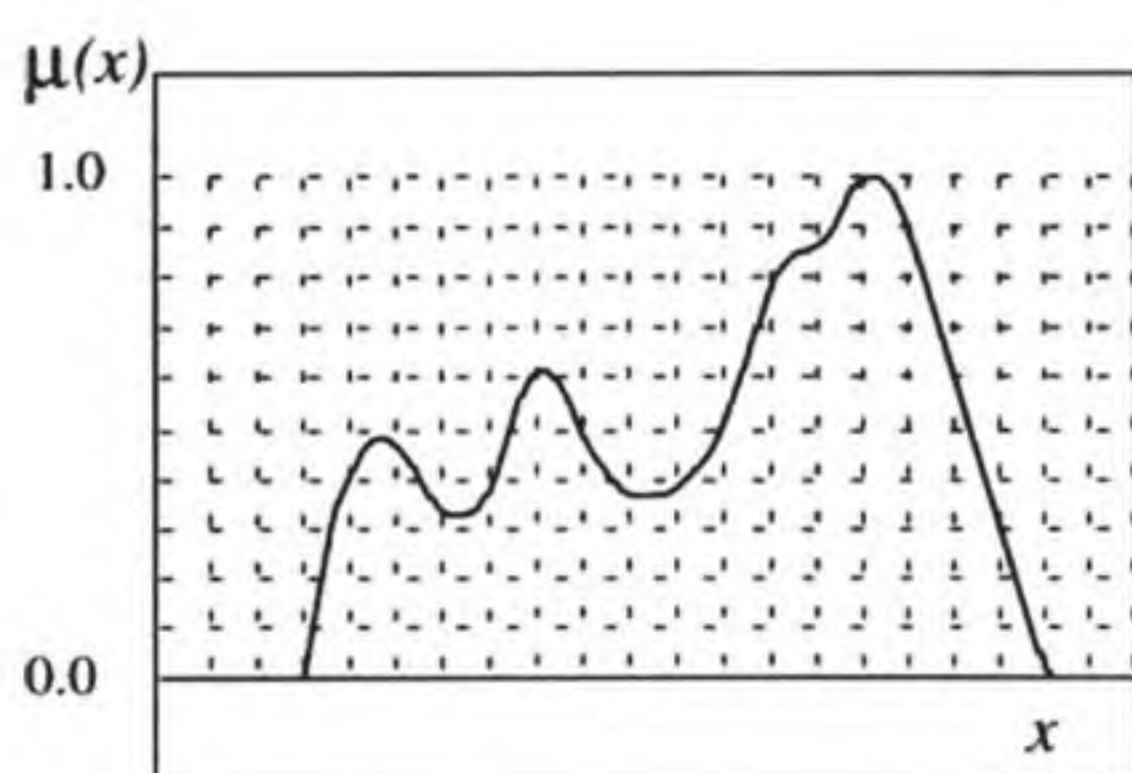
٢



٥



٣



٦

على صعيد آخر، توجد **أربعة** أنواع من دوالّ العضوية القياسية التي يكثر استخدامها في صوغ «المنظومات المضبّبة»، بيد أن هذا الأمر لا يلغي وجود أنواع أخرى أو يقلل من أهميتها، فلكل نوع من هذه الأنواع استخدامات محددة، تصف المنظومة بصورة دقيقة، وتجعلها أكثر قرباً من الظاهرة قيد الدراسة. غير أن التجربة الميدانية التطبيقية قد أظهرت أن التباين في النتائج التي قد نتوصل إليها عندما نستخدم أنواعاً غير شائعة لا تمتلك قيماً معنوية مرتفعة تبرر الجهد الإضافي المستخدم في وصفها، وصوغها. ويستثنى من هذه القاعدة بعض النماذج المعقدة التي تفتقر إلى دوالّ عضوية متخصصة لوصفها بصورة دقيقة[٢٢].

وسنحاول أن نتوقف لمناقشة هيكلة أهم أنماط دوالّ العضوية التي تستخدم بكثرة في عملية التمثيل المعرفي لنماذج المنطق المضبّب.

أ ـ دالّة العضوية المثلثاتية

تتحدد خصائص هذه الفئة من دوالّ العضوية بثلاثة متغيرات *(a,b,c)*[٢٣] كما يظهر في الصيغة الرياضية الآتية[٢٤]:

$$Triangle(x,a,b,c)=\begin{cases} 0 & x<a \\ (x-a)/(b-a) & a\le x\le b \\ (c-x)/(c-b) & b\le x\le c \\ 0 & x>c \end{cases} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٧)$$

ويمكن تحديد المظهر الدقيق لهذه الدالّة عبر اختيار قيم مناسبة للمتغيرات (a,b,c). انظر الشكل الرقم (٣ ـ ١)).

(٢٢) Berkan and Trubatch, *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases*.

(٢٣) تمثل المتغيرات a, b, وc إحداثيات الرؤوس الثلاثة لدالة العضوية المثلثاتية. ويتمّ تحديد قيم هذه المتغيرات في ضوء الخصائص التي نحدّدها لدالة العضوية لكلّ حالة من الحالات التي نتناولها بالدراسة.

(٢٤) Steven D. Kaehler, «Fuzzy Logic: An Introduction,» Encoder, The News Letter of Seattle Robotics Society (2003).

ب ـ دالّة العضوية الرسغية

تتحدد خصائص هذه الفئة من دوالّ العضوية بأربعة متغيرات (a,b,c,d)[٢٥] كما يظهر في الصيغة الرياضية (انظر الشكل الرقم (٣ ـ ١)) حيث عرضت أنماط مختلفة من هذه الدالّة ودوالّ أخرى توظف النمط الرسغي في تمثيل التغير السائد بعناصرها.

$$Trapezoid(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \le x \le b \\ 1 & b \le x \le c \\ (d-x)/(d-c) & c \le x \le d \\ 0 & x \ge d \end{cases} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٨)$$

ويمكن أن تعدّ الدالّة المثلثاتية حالة خاصة من حالات الدوالّ الرسغية. ونظراً إلى البساطة التي يتسم بها هذان النوعان من الدوالّ، فهما الأكثر استخداماً في دائرة المنطق المضبّب مقارنة بالأنواع الأخرى[٢٦].

ج ـ دالّة العضوية الغاوسية

تنسب الدالّة العضوية الغاوسية (Gaussian Membership Function) إلى العالم الرياضي المشهور غاوس (Gauss)، وتعد أنموذجاً قياسياً لوصف أكثر من ظاهرة فيزيائية في ميادين تطبيقية شتى (انظر الشكل الرقم (٣ ـ ١)).

تعتمد هذه الدالّة على متغيرين هما (m,σ) كما في المعادلة الآتية:

$$Gaussian(x:m,\sigma) = \exp\left(\frac{(x-m)^2}{\sigma^2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٩)$$

ويمثل كل من المتغيرين (m,σ) مركز الدالّة وعرضها على التوالي. وتسهم قيمة المتغير σ بالتحكم في شكل الدالّة، حيث ينتج من قيمها الصغيرة دالّة نحيفة (Thin)، بينما ينشأ عن قيمها الكبيرة دالّة عضوية «منبسطة» (Flat)[٢٧].

---

(٢٥) تمثّل المتغيرات a,b,c,d إحداثيات الرؤوس الأربعة لشكل شبه المنحرف الذي يمثل مظهر دالة العضوية الرسغية. ويتمّ تحديد قيم هذه المتغيرات في ضوء الخصائص التي نحددها لدالة العضوية لكل حالة من الحالات التي نتناولها بالدراسة.

(٢٦) Yen and Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*.

(٢٧) Hellmann, «Fuzzy Logic Introduction».

٥ ـ المتغيرات المنطقية المستخدمة في وصف المجموعة المضبّبة

عندما يكون لدينا أكثر من مجموعة مضبّبة (تصف كل واحدة منهما جزءاً من وصف غير يقيني لمسألة من المسائل) فإن «الحل التحليلي» (Analytical Solution) للمسألة يفتقر إلى مجموعة من العمليات المنطقية والرياضية داخل المجموعة المضبّبة. ولقد أولى الرياضيون، والمناطقة هذه العمليات اهتماماً مضافاً إلى الاهتمام التقليدي الذي انصب على المجاميع الحدية/ التقليدية منذ زمن أرسطو، فشحنت الكتب والبحوث بكثير منها.

وسنحاول أن نختار من هذه المجموعة الثرية والخصبة مجموعة من العمليات التي يكثر استخدامها، ولا يستغني عنها الباحث في ميادين تقارب تطبيقات فضاء المعرفة الإسلامي لكي تتوافر أمامنا فرصة ترجمتها على أرض الواقع بسهولة ويسر. وسنقسم الموضوع إلى شطرين، نؤسس من خلال **الشطر الأول** أهم التعريفات المستخدمة في هذا الميدان، بينما نحاول من خلال **الشطر الثاني** إلقاء الضوء على العمليات السائدة في المجاميع المضبّبة[٢٨].

أ ـ التعريفات الجوهرية

(١) مجموعة مضبّبة طبيعية (Normal Fuzzy Set): يطلق هذا الاصطلاح على المجموعة المضبّبة التي تمتلك دالّة العضوية فيها قيمة منفردة (على الأقل) تكون قيمتها مساوية ١.

(٢) سند لمجموعة مضبّبة (Support of Fuzzy Set): وهي عبارة عن المجموعة الحدية التي لا تنشأ عن التغير في جميع قيم $x \in X$ ما يجعل من قيم دالّة العضوية مساوية للصفر $\mu_A(x)\rangle 0$.

(٣) المجموعة المضبّبة المحدّبة (Convex Fuzzy Set): يطلق على المجموعة المضبّبة A المجموعة المحدّبة إذا كانت قيمة دالّة العضوية فيها تزداد، أو تتناقص دون وجود أي نقطة سرجية (Saddle Point) في وسطها.

(٤) متمّة المجموعة المضبّبة (Complement of Fuzzy Set): هي عبارة عن مجموعة مضبّبة جديدة تحتوي على دالّة عضوية تصف درجة الاستثناء، أو غياب العلاقة

(٢٨) James F. Brule, «Fuzzy Systems: A Tutorial,» Ortech Engineering (1985), <http://www.ortech-engr.com/fuzzy/tutor.txt>.

(Exclusion or Irrelevance) على ساحة المتغيرات المضببة. ويتم وصف المجموعة الجديدة بالمعادلة الآتية: $\overline{\mu}(x) = 1 - \mu(x)$ $x \in X$.

(٥) الحاصل المدرّج لمجموعة مضبّبة (Scalar Product of a Fuzzy Set): يمكن لمجموعة مضبّبة أن تضرب بتدريج S، فتكون دالّة العضوية الناتجة من هذا الأمر كما يأتي: $\mu(x) = S.\mu_1(x)$ $x \in X$.

(٦) درجة المجموعة المضبّبة (Power of Fuzzy Set): يمكن لمجموعة مضبّبة أن ترفع إلى درجة m عندما ترفع دالّة عضويتها إلى درجة m[٢٩]. وبعد إجراء تغيير درجة المجموعة سنحصل على ما يأتي:

$$\mu(x) = [\mu_1(x)]^m \qquad x \in X \quad \text{(٣.١٠)}$$

ب ـ العمليات السائدة في المجاميع المضبّبة

لن يتسع أقل من كتاب جامع لوصف ومناقشة جلّ العمليات المستخدمة مع المجاميع المضبّبة[٣٠]. بيد أننا (كما ذكرنا سابقاً) سنقتصر على مناقشة أهم أنواع العمليات التي يكثر استخدامها على ساحة مواضيع هذه الدراسة.

لذا سيتركز اهتمامنا وسنوجّه مناقشاتنا في اتجاه العمليات التالية:

ـ اتحاد المجموعات المضبّبة (Union of Fuzzy Sets (Maximum)): يتم تعريف j من المجموعات المضبّبة، خلال الحقل الشامل ذاته الذي يضمها، بواسطة مجموعة مضبّبة جديدة تصف دالّة عضويتها أعلى مستوى للعلاقة الوثيقة بين كل عنصر من عناصرها والمجموعة المضبّبة الجديدة. وعلى هذا الأساس يمكن التعبير عن دالّة العضوية للمجموعة الجديدة من خلال المعادلة[٣١].

$$\mu \cup (x) = \mu_1(x) \vee \mu_2(x) \vee .... \vee \mu_j(x) \qquad x \in X \quad \text{(١١)}$$

وتمثل القيمة X الحقل الكلي الشامل للمجاميع المضبّبة، بينما تؤشر العلاقة $\vee$ إلى عملية القيمة العليا.

---

(٢٩) تمثل هذه القيمة أي عدد حقيقي.

(٣٠) Berkan and Trubatch, *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases*.

(٣١) Jantzen, «Tutorial On Fuzzy Logic».

ـ **تقاطع المجموعات المضبّبة (Intersection of Fuzzy Sets)**: إن تقاطع j من المجموعات المضبّبة،خلال الحقل الشامل ذاته، سينتج منه مجموعة مضبّبة جديدة تصف دالّة عضويتها الحد الأدنى من العلاقة الوثيقة بين كل عنصر من عناصرها والمجموعة المضبّبة الجديدة.

ويمكن وصف دالّة العضوية للمجموعة المضبّبة الجديدة بالمعادلة الآتية:

$$\mu \cap (x) = \mu_1(x) \wedge \mu_2(x) \wedge .... \wedge \mu_j(x) \quad x \in X \text{ .... } (١٢)$$

ـ **حاصل الضرب الجبري (Algebraic Product)**: يمكن تعريف حاصل ضرب مجموعات مضبّبة، خلال الحقل الشامل نفسه، بواسطة مجموعة مضبّبة جديدة، ذات دالّة عضوية تشمل الحقل الشامل X كما في المعادلة الآتية:

$$\mu(x) = \mu_1(x).\mu_2(x)....\mu_j(x) \quad x \in X \text{ .... } (١٣)$$

ـ **الوسط الجبري (Algebraic Mean)**: يمكن تمثيل الوسط الجبري لمجموعات مضبّبة، خلال الحقل الشامل نفسه، بواسطة مجموعة مضبّبة جديدة تمتلك دالّة العضوية الآتية ضمن الحقل الشامل X.

$$\mu(x) = \frac{1}{j}\left[\mu_1(x) + \mu_2(x) + ... + \mu_j(x)\right] \quad x \in X \text{ .... } (١٤)$$

ج ـ المتغير اللغوي (Linguistic Variable)

يوظف المتغير اللغوي الكلمات أو الجمل كقيم يتم من خلالها وصف المتغيرات، على عكس المتغيرات الجبرية التي تتعامل مع الأعداد كرموز قيمية[٣٢].

ويطلق على المجموعة التي تضم هذا النوع من القيم اصطلاح «مجموعة الاصطلاح» (Term Set). إن كل قيمة في مجموعة الاصطلاح هي عبارة عن متغير مضبّب تم إطلاق تعريفه على «المتغير الأصلي» (Base Variable) الذي يعرّف بدوره المجال الكلي لجميع المتغيرات المضبّبة الموجودة في مجموعة الاصطلاح[٣٣].

(٣٢) Hans-Jürgen Zimmermann, *Fuzzy Sets Theory and its Application*, 2nd ed. (Boston, MA: Kluwer, 1993).

(٣٣) Jantzen, Ibid.

فعلى سبيل المثال، إذا افترضنا أن المتغير y هو عبارة عن متغير لغوي لوصف ميزة السن (Age)، فإن الاصطلاحات التي يمكن إطلاقها على المتغير اللغوي (التي تعد مجموعة مضبّبة) ستتخذ الوصف الآتي:

T = {Old, Very Old, Not So Old, More Or Less Young, Quite Young, Very Young}

إن كل اصطلاح من هذه الاصطلاحات هو عبارة عن متغير مضبّب، تم تعريفه على متغير أصلي، قد تتأرجح قيمته بين ٠ إلى ١٠٠ سنة.

وتتألف البنية التركيبية للمتغير اللغوي من خماسية رياضية تشمل:

$$\left(x, T(x), U, G, M\right)$$

وتعبر فيها الرموز المذكورة عما يأتي:

x = اسم المتغير.

$T(x)$ = مجموعة الاصطلاح للمتغير x، وهي عبارة عن مجموعة من محمولات للمتغير اللغوي، تكون قيمة كل منها متغير مضبّب تم تعريفه على عموم ساحة المتغير U.

G = قاعدة لغوية تركيبية (Syntactic Rule) تستخدم لتوليد أسماء قيم المتغير x.

M = قاعدة معاني (Semantic Rule) تسهم في ربط كل متغير أصلي بالمحمولات المصاحبة لوصفه.

إن الارتباطات اللغوية المستخدمة في قواعد المنطق المضبّب وعبارته تشابه إلى حد كبير تلك المستخدمة في المنطق الرياضي التقليدي، مع وجود خلاف بسيط في عبارتي التكافؤ (=) التي استعيض فيها بعبارة (*Is*) بدلاً من عبارة (*Equal To*)، وعدم التكافؤ (≠) التي استعيض فيها بعبارة *Is Not* بدلاً من عبارة (*Not Equal To*) (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٢)).

الجدول الرقم (٣ ـ ٢)

الارتباطات اللغوية المستخدمة في المنطق المضبّب

الروابط التقليدية	روابط المتغير اللغوي
=	Is
≠	Is Not
>	Less Than
<	Greater Than

رابعاً: الوصف المعرفي للأنموذج المضبّب

تعد عملية الوصف المعرفي (Knowledge Representation) للأنموذج المضبّب الأساس المتين الذي يؤسس الخلفية المفاهيمية لتعامل هذا الأنموذج مع الظواهر التي نحاول من خلالها تعميق فهمنا بماهيتها، وتمهيد آلية مناسبة للتعامل معها واستثمارها[٣٤].

وتستخدم «آلة الاستدلال المعرفي المضبّب» (Fuzzy Inference Engine) بوصفها أداة توظف آليات المنطق المضبّب التي تبتدئ بالمتغير المضبّب، وتنتهي بسلسلة المتغيرات السائدة بين المجموعات المضبّبة، والتي تشدّ أزرها جميعاً الهيكل المتين لعملية الاستدلال المنطقي الذي نشأ في هذه البيئة الجديدة[٣٥].

وتتألف هذه الآلة من مجموعة خوارزميات تستخدم التمثيل المعرفي بواسطة آلية القواعد المنطقية من نوع (If ... Then) كأداة تساعد في تأسيس المعرفة، وتمهيد الطريق أمام اتخاذ قرار يستدل بمضامينها على صحة قضية من القضايا التي يطرحها الواقع، أو بيان بطلانها[٣٦].

(٣٤) Moti Schneider [et al.], *Fuzzy Expert System Tools* (New York: John Wiley, 1996).

(٣٥) Yen and Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*.

(٣٦) Rudolf Kruse and Andreas Nürnberger, «Learning Methods for Fuzzy Systems,» Department of Computer Science, University of Magdeburg, Universitätsplatz, Germany (1997).

١ ـ الإطار الكلي لآلة الاستدلال المضبّب

يتألف الإطار الكلي لآلة الاستدلال المضبّب من علاقات رياضية/ منطقية تصف مدخلات «الأنموذج المضبّب» (Fuzzy Model)، ومخرجاته.

يتم جمع واستقصاء البيانات المدخلة من أرض الواقع، وتحدد قيم دوالّ عضويتها تمهيداً لمعالجتها بواسطة آلة الاستدلال المضبّب، لكي يتم الحصول على مخرجات مضبّبة يعاد صوغها عبر آلية إزالة التضبيب، لكي تكون صالحة للاستخدام ثانية على أرض الواقع(٣٧).

وتؤدي القواعد المضبّبة دوراً فاعلاً في تسيير دقة المعالجات التي تسري داخل هيكل آلة الاستدلال المضبّب. وتسهم هذه القواعد التي تتألف صياغتها من (If ... Then) في ممارسة عملية توصيف الجانب الأيسر من معادلاتها (L.H.S) وربطها مع الجانب الأيمن (R.H.S) في ظل شبكة من العلاقات التي تحكم متغيراتها.

٢ ـ هيكلة القواعد المضبّبة

تسهم القاعدة المضبّبة من نوع (If ... Then) بربط شرط (تم وصفه)، باستخدام متغيرات منطقية، ومجموعات مضبّبة لتوليد استنتاج محدد. ومن خلال منظور الوصف المعرفي للمتغير الواقعي فإن هذا النوع من القواعد سيكون عبارة عن نسق معرفي يهدف إلى اقتناص المعرفة من مجموعة حقائق وقواعد يغيب عن ساحتها دقة المضمون(٣٨). من أجل هذا فإن الاستنتاج والمقايسة المضبّبة هي عبارة عن معالجة رياضية/ منطقية تسعى إلى بلوغ مستوى مقبول من المطابقة الجزئية التي يمكن أن توفر لآلة الاستدلال القدرة على التطبيق بواسطة القواعد المضبّبة عندما تتحقق شروطها بصورة جزئية.

ويكمن التحدي في التعامل مع هذا النوع من المقايسات المنطقية المبتكرة نتيجة لوجود أكثر من تشعب موضوعي يتعلق بطبيعة الهيكلة التي تم توظيفها لوصف القواعد المستعملة، وماهية الاستدلال المعرفي الذي تم اعتماده كأساس يوجه سريان المعرفة من خلال الهيكل المنطقي/ والرياضي لهذه القواعد(٣٩).

(٣٧) Berkan and Trubatch, *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases*.

(٣٨) Yen and Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*.

(٣٩) R. Babuskay, H. B. Verbruggeny and H. Hellendoornzy, «Promising Fuzzy Modeling and Control Methodologies for Industrial Applications,» Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and Systems, Control Engineering Laboratory, Mekelweg ,GA Delft, The Netherlands (2001).

ويؤدي الصوغ اللغوية دوراً جوهرياً في النظم المضبّبة التي تستخدم القواعد المنطقية، وتستخدم الأوصاف اللغوية (Linguistic Labels) التي لا تمتلك دقة كافية في وصف الظاهرة كإحدى اللبنات الرئيسة لصوغ المقايسة المنطقية/ والرياضية المطلوبة. وتسهم هذه الكلمات في تسهيل عملية استخلاص وتوثيق المعرفة البشرية في صيغة صريحة ومفصّلة، يمكن أن توفر أرضية صلبة لصناعة قرار رشيد.

بصورة عامة، تتألف القواعد المنطقية من شطرين، يطلق على **الشطر الأول** من القاعدة أو العبارة المنطقية اصطلاح «ركن البيان المنطقي» (Premise)؛ بينما يطلق على **الشطر الثاني** منها «نتيجة المقايسة المنطقية» (Consequent).

وتسهم البنية اللغوية والمنطقية لهذه القواعد في وصف العلاقات، والتوصيات، والتوجيهات، والاستراتيجيات، وترشد مسارات «البحث الموجّه» (Heuristics).

ولكي يتضح دور القواعد في هذه القطاعات المعرفية سنضرب مثالاً مبسطاً على كل جانب من جوانبها التطبيقية:

أ ـ قواعد علاقات:

IF The «Warehouse» Is Empty
THEN The «Stock Value» is Nothing

ب ـ قواعد توصيات:

IF The Season Is Winter
AND The Sky is Cloudy
AND The Forecast is Snowed
THEN Keep Your Stock

ج ـ قواعد توجيهات:

IF The Car Is Dead
AND The 'Fuel Tank' Is Empty
THEN The Action Is 'Refuel The Car'

د ـ قواعد استراتيجيات:

IF The Car Is Dead
THEN The Action Is 'Check The Fuel Tank';
STEP1 IS COMPLETE

IF Step1 Is Complete
AND The 'Fuel Tank' Is Full
THEN The Action Is 'Check The Battery';
STEP2 IS COMPLETE

هـ ـ قواعد البحث الموجّه:

IF The Spill Is Liquid
AND The 'Spill pH' < 6
AND The 'Spill Smell' Is Vinegar
THEN The 'Spill Material' Is 'Acetic Acid'

تتألف عناصر «البنية اللغوية» (Syntax Structure) للقواعد المضبّبة[٤٠] مما يأتي:

- المحمول (Predicate) الذي يوصف بكونه عبارة أو جملة منطقية أولية تمتلك إحدى القيم التي ترسخ حضور حقيقة ما أو غيابها (True, False, Unknown).

- الصيغ المنطقية (Logical Expressions) التي تتألف من أكثر من محور مثل:

ـ الصيغة الأولية (Atomic Formula) التي تشمل: الثوابت المنطقية (True, False)، والمتغيرات المنطقية، والمحمولات.

ـ علاقات منطقية أساسية: وتشمل العلاقات الشائعة مثل ($\neg, \vee, \wedge$).

ـ عمليات منطقية متنوعة: وتشمل التطبيق الميداني للجبر البولياني (Boole Algebra) مثل «الخصائص التبادلية» (Commutativity)، و«الخصائص الترافقية» (Associatativity)، و«الخصائص التوزيعية» (Distributivity)، وأخيراً خصائص «متطابقات دي مورغان» (De Morgan Identities).

ـ عمليات التضمين (Implication).

بصورة عامة يتألف الوصف اللغوي للقواعد المضبّبة من إحدى الصيغتين الآتيتين:

الصيغة الأولى:

IF Condition (شرط) THEN Consequence (نتيجة)

حيث يتم تمثيل الشرط والنتيجة بواسطة صيغ منطقية.

(٤٠) Katalin Hangos, «Knowledge Representation Rules,» Engineering Application of AI, PHD Course, Department of Computer Science, University of Veszprem (2001).

الصيغة الثانية:

Sequence (شرط) → Consequence (نتيجة)

حيث يتم تمثيل النتيجة بصيغة التضمين (Implication).

بصورة عامة هناك نوعان من الدلالة الضمنية (المحمول) للقضايا المستخدمة في دائرة المنطق المضبّب. يشمل **النوع الأول** من المحمولات ما لا يمكن تفسيره بأسلوب رقمي في حقل الميدان الشامل[٤١]. فمثلاً، لا تتوافر فرصة عملية لوصف دوالّ العضوية بطرق عددية لمحمولات مثل طاهر أو نجس، رغم توافر إمكانية التعامل معها ضمن الأنساق المفاهيمية لهذا المنطق.

أما **النوع الثاني** من المحمولات فيشمل مقاييس الكمية، والنوعية، والشدّة، والارتباطات التي يمكن وصفها بأسلوب عددي ضمن خطاب منطقي، أو رياضي محدد مثل مقدار الماء الذي لا يحمل الخبث (مقداره قلّتان بحسب ما ذهب اليه الإمام الشافعي).

وقد أحصى أحد الباحثين[٤٢] مجموعة من المحمولات التي لا تتوافر صيغ لغوية دقيقة لوصفها ضمن منظومة المنطق المضبّب، أو غيره من المنظومات الرياضية أو المنطقية التي حاولنا استقصاءها لبيانها (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٣)).

الجدول الرقم (٣ ـ ٣)

مجموعة من المحمولات التي لا يمكن تحديدها بعبارة دقيقة

الكمية	النوعية	الشدّة	الترابطات	الاحتمالية
قليلة	منخفض	خفيف	مقبول	طبيعي
ضخمة	مرتفع	ثقيل	مشابه	عام
محدودة	مقبول	ضعيف	مقبول	عادي
كبيرة	ضئيل	قوي	محفوف بالمخاطر	شحيح
متوسطة	جيّد	ساكن	خطير	معدوم

(٤١) Berkan and Trubatch, *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases*.

(٤٢) المصدر نفسه.

يمكن استخدام هذه الأنواع من المحمولات لتعديل وصف المتغيرات المضبّبة عبر إنشاء ترابطات لها مع المتغيرات ذاتها بقصد تفصيل وصف حالاتها، أو طبيعة التغيرات التي تسودها (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٤)).

الجدول الرقم (٣ ـ ٤)

بعض أنواع التعديلات المستخدمة مع المحمولات

الصفة	العبارة
الكمية	Low-Price
النوعية	High-Performance
الشدّة	Weak-Economy
الترابطات	Similar- Investment
الاحتمالية	Usually-Cheap

٣ ـ إزالة التضبيب

تعدّ مرحلة إزالة التضبيب (Defuzzification) خطوة ضرورية لإعادة قولبة القيم المضبّبة التي أدخلت في بنية النظام الرياضي والمنطقي، لكي تتلاءم مع الآليات السائدة في أنموذجه المبتكر(٤٣). وتسهم هذه العملية في إنتاج قيم حدّية يسهل التعامل معها كمخرجات يمكن استثمارها في اتخاذ قرارات جديدة.

إن عملية اختيار قيمة واحدة من مجموعة قيم مضبّبة ليس بالأمر الهيّن(٤٤)، ويتطلب منا دراية كافية بخصائص النظام الذي نتناوله بالدراسة. ولقد توصل الباحثون إلى ابتكار أكثر من آلية رياضية، لضمان تطبيق مرحلة إزالة التضبيب، تتميز كل منها بأساس نظري ترتكز إليه، ونتائج تختلف عن البقية في ضوء المعالجات المعتمدة لتحقيق ذلك(٤٥).

(٤٣) Kartalopoolos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications*.

(٤٤) Berkan and Trubatch, Ibid.

(٤٥) James Vernon, «Fuzzy Logic Systems,» Fuzzy Systems White Paper (1999), <http://www.control-systems-principles.co.uk>.

وسنحاول، بدايةً، مناقشة أهم الطرق المعتمدة في إزالة التضبيب، لكي نوفر لأنفسنا فرصة كافية للتوسع في تطبيق الأنموذج المضبّب على تطبيقات أكثر شمولاً في ميادين تخص فضاء المعلومات الإسلامي:

أ ـ متوسط القيمة العليا (Mean of Maximum 'MOM')

تعمد هذه الطريقة إلى حساب متوسط قيم مخرجات الأنموذج المضبّب التي تمتلك أكبر قيمة لدرجة الإمكان (Possibility Degree). فإذا افترضنا بأن العبارة «*y Is A*» هو استنتاج مضبّب لأنموذج نووي إزالة التضبيب عنه، ستصبح عملية وصف صوغ إزالة التضبيب بطريقة متوسط القيمة العليا بالمعادلة الآتية:

$$MOM(A) = \frac{\sum_{y^* \in P} y^*}{|P|} \quad \text{.............................} \quad (١٥)$$

حيث يمثل المتغير P مجموعة قيم المخرجات y مع أكبر قيمة لدرجة الإمكان في A. ويمكن صياغتها بعبارة أخرى، كما يأتي:

$$P = \{y^* | \mu_A(y^*) = \sup_y \mu_A(y)\} \quad \text{.............................} \quad (١٦)$$

فإذا كانت P تمثل مجالاً ما، فإن نتيجة إزالة التضبيب بطريقة متوسط القيمة العليا ستكون عبارة عن نقطة المنتصف في ذلك المجال.

إن أهم المحددات التي تقف عائقاً أمام هذه الطريقة تكمن في غياب القدرة لديها على تحديد شكل توزيع الإمكانية. كذلك فإن استنتاجين يحتويان على «نقاط القمة» (Peak Point) نفسها، مع وجود اختلاف بالشكل سينتج منها نتيجة إزالة التضبيب نفسها بهذه الطريقة، وهو أمر يتناقض مع الحس العام.

ب ـ مركز المساحة (Center of Area 'COA')

توظف هذه الطريقة آلية «مركز الثقل الجذبي» (Center of Gravity 'Centroid') التي يكثر استخدامها في أكثر من تطبيق رياضي وهندسي. وبخلاف طريقة متوسط القيمة العليا فإن هذه الطريقة تأخذ بعين الاعتبار جميع قيم توزيع الإمكانية عند حساب النقطة الممثلة لها في النظام.

وستكون عملية إزالة التضبيب مشابهة للصيغة المستخدمة في تحديد مركز الثقل الجذبي بالفيزياء، حيث يتم من خلالها احتساب «المتوسط الموزون» (Weighted Average) كما في المعادلة الآتية:

$$COA(A) = \frac{\sum_x \mu_A(x) \times x}{\sum_x \mu_A(x)} \quad \text{.............................} \quad (١٧)$$

ويمثل الرمز $\mu_A(x)$ المتوسط الموزون للقيمة x. تمثل المعادلة (٢١) وصف مركز الثقل عندما يكون المتغير x من «النوع المتقطع» (Discrete)، أما إذا كان من «النوع المستمر» (Continuous) فتأخذ المعادلة الصيغة الآتية:

$$COA(A) = \frac{\sum_x \mu_A(x) \times xdx}{\sum_x \mu_A(x)dx} \quad \text{.............................} \quad (١٨)$$

ج ـ طريقة الارتفاع (The Height Method)

تتألف هذه الطريقة من مرحلتين، يتم من خلالهما تحويل دالّة العضوية الناتجة C_i إلى نتيجة حدّية $y=c_i$ حيث يمثل المتغير C_i مركز الثقل الجذبي. بعد ذلك يتم إزالة تضبيب مركز الثقل الجذبي من حلال تطبيق القواعد على النتائج الحدّية، فنحصل على الصيغة الجديدة:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^{M} w_i c_i}{\sum_{i=1}^{M} w_i} \quad \text{.............................} \quad (١٩)$$

ويمثل المتغير w_i القيم التي تتطابق من خلالها القاعدة مع البيانات المدخلة. وتكمن الفائدة الجوهرية في هذه الطريقة بالبساطة التي تتسم بها بالمقارنة ببقية الطرق. بيد أنها تعد في كثير من الأحيان منهجاً تقريبياً لطريقة مركز الثقل الجذبي.

٤ ـ أنواع نماذج المنطق المضبّب

بصورة عامة يكثر استخدام نوعين من نماذج المنطق المضبب التي ترتكز على توظيف «القواعد المنطقية» (Rule-based Fuzzy Models). يستند النوع الرئيسي منهما

إلى آلية «جمع القواعد» (Additive Rule Model)، بينما لا يتصف النوع الثاني بهذه الآلية فيطلق عليه «Non-Additive Rule Model». بالمقابل تتوافر ثلاثة نماذج للمنطق المضبّب التي يكثر استخدامها على أرض الواقع التطبيقي هي:

- أنموذج «Mamdani Model».
- أنموذج «Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Model».
- أنموذج «Kosko» (الأنموذج التجميعي المعياري) (KAM).

ويقع كل من الأنموذجين الثاني والثالث (أنموذج جمعي) في دائرة النوع الرئيسي، بينما يستقر الأنموذج الأول بمفرده في أرض النوع الثاني (غير جمعي)(٤٦).

وسنحاول إلقاء مزيد من الضوء على كل نموذج من هذه النماذج لكي يسهل انتقاء المناسب منها عند محاولة تطبيقها على مسائل مختلفة في ميدان فضاء المعرفة الإسلامي.

أ ـ أنموذج «Mamdani»

يعد هذه الأنموذج من أكثر نماذج المنطق المضبّب استخداماً في جل محاور التطبيقات المعروفة(٤٧). يتألف هذا الأنموذج من القواعد اللغوية التي تصف المجال الذي يمتد على مجموعة من المدخلات $U_1 \times U_2 \times U_3 \times .... \times U_r$ ولغاية W. وتتألف الصيغة العامة لقواعده مما يأتي:

$$R_i : F \;..x_1..IS\;..A_{i1}..AND..AND..x_r..IS\;..\;A_{ir}\;..THEN..\,y..\,IS\;..\;C_i$$

حيث يمثل المتغير $x_j\,(j = 1,2,......., r)$ مدخلات الأنموذج، بينما يمثل y المخرج، بينما تمثل كل من A_{ij} وC_i مجموعتين مضبّبتين للمتغيرين x_j وy على التوالي.

فإذا كانت لدينا المدخلات بالصيغة الآتية:

$$x_1......IS..A'_1\,, x_2......IS..A'_2\,,......, x_r......IS\;..\;A'_r$$

حيث إن $A_1, A_2,..... A_R$ عبارة عن مجموعات مضبّبة ثانوية لكل من $U_1,U_2,...,U_R$. وعليه فإن مساهمة القاعدة R_1 في التأثير في نتيجة أنموذج «Mamdani» ستكون عبارة عن مجموعة مضبّبة تمتلك دالّة عضوية يمكن احتسابها كما يأتي:

---

(٤٦) Yen and Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*.

(٤٧) Schneider [et al.], *Fuzzy Expert System Tools*.

$$\mu_{c'_i}(y) = (\alpha_{i1} \wedge \alpha_{i2} \wedge .... \wedge \alpha_{in}) \wedge \mu_{c_i}(y) \quad (٢٠)$$

حيث يمثل المتغير αi درجة التطابق (قوة التنفيذ) للقاعدة R_1، وأن α_{ij} هي درجة التطابق بين x_j من جهة وشروط القاعدة Ri حول المتغير x_j(٤٨).

$$\alpha_{ij} = \sup_{x_j}(\mu_{A'_j}(x_j) \wedge \mu_{A_{ij}}(x_j)) \quad (٢١)$$

إن النتيجة النهائية لهذا الأنموذج ستكون عبارة عن حاصل جمع المخرجات الناتجة من جميع القواعد باستخدام معامل القيمة القصوى.

$$\mu_C(y) = \max\{\mu_{C'_1}(y), \mu_{C'_2}(y), ..., \mu_{C'_L}(y),\} \quad (٢٢)$$

ينبغي أن ننتبه إلى أن C هي عبارة عن مجموعة مضبّبة، ويمكن أن يزال التضبيب عن هذه المخرجات بإحدى الطرق التي نوقشت في فقرة سابقة(٤٩).

ب ـ أنموذج «TSK»

يعد هذا الأنموذج خطوة لاحقة بعد أنموذج «Mamdani» حاول فيه مبتكروه الثلاثة تقليص عدد القواعد التي يتطلبها العمل على الأنموذج الذي سبقه، وبالخصوص في النظم التي يسود فيها تعقيد ملحوظ، مع زيادة عدد أبعاد (Multi-Dimensional) متغيراتها(٥٠).

ولتحقيق هذا الغرض فقد أسهم أنموذج «TSK» باستبدال المجموعات المضبّبة في قطاع نتيجة الشرط *(THEN ...)* الموجودة في أنموذج «Mamdani» بعلاقة رياضية خطية تجمع بين متغيرات الإدخال المختلفة(٥١).

فعلى سبيل المثال تتخذ القواعد في هذا الأنموذج المبتكر الوصف المنطقي الآتي:

IF x IS B_j AND z IS C_M
THEN G=bx+cz+l

(٤٨) يشير الرمز $\wedge$ إلى معامل القيمة الدنيا.

(٤٩) Babuskay, Verbruggeny and Hellendoornzy, «Promising Fuzzy Modeling and Control Methodologies for Industrial Applications».

(٥٠) Babuska, «Data-Driven Fuzzy Modeling: Transparency and Complexity Issues».

(٥١) Yen and Langari, *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*.

حيث تمثل العوامل b,c,l ثوابت عددية.

بصورة عامة فإن القواعد المستخدمة في هذا الأنموذج تمتلك القالب العام الآتي:

$$IF\ x_1\ IS\ A_{i1}\ AND\ \ldots\ldots\ AND\ x_r\ IS\ A_{ir}$$

$$THEN\ y=f_i(x_1,x_2,\ldots\ldots,x_r)=b_{i0}+b_{i1}x_1+b_{i2}x_2+\ldots\ldots+b_{ir}x_r$$

حيث يمثل الرمز f_i أنموذجاً خطياً، وأن $b_{ij}(j=0,1,2,3,\ldots\ldots,r)$ عبارة عن «متغيرات ذات قيمة حقيقية» (Real-Valued Parameters). ويمكن وصف الحصيلة الكلية الناتجة من هذا الأنموذج بالمعادلة الآتية:

$$y=\frac{\sum_{i=1}^{L}\alpha_i f_i(x_1,x_2,..,x_r)}{\sum_{i=1}^{L}\alpha_i}=\frac{\sum_{i=1}^{L}\alpha_i(b_{i0}+b_{i1}x_1+..+b_{ir}x_r)}{\sum_{i=1}^{L}\alpha_i}\ \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٣)$$

حيث يمثل المتغير α_i درجة مطابقة القاعدة R_i التي تناظر درجة مطابقة القاعدة التي تم احتسابها في أنموذج «Mamdani».

ونشير إلى أن مدخلات أنموذج «TSK» تتألف من مجموعة قيم غير مضبّبة (حدّية)، وعليه فإن درجة المدخلات $x_1=a_1,x_2=a_2,\ldots.,x_r=a_r$ التي ستوافق القاعدة ذات الدرجة (*Degree*) التي يمكن احتسابها بسهولة عن طريق اعتماد معامل الحد الأدنى:

$$\alpha_i=\min(\mu_{A_{i1}}(a_1),\mu_{A_{i2}}(a_2),\ldots.,\mu_{A_{i2}}(a_r)\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٤)$$

يوفر هذا الأنموذج أدوات فاعلة للتعامل مع النظم المعقدة، كما يمتلك القدرة على وصف العلاقات غير الخطية التي تتسم بتعقيد بالغ، وباستخدام الحد الأدنى من القواعد المنطقية. من أجل هذا ازداد حجم طيف استخدامات هذا الأنموذج في ميادين مختلفة.

ج ـ الأنموذج التجميعي المعياري (Standard Additive Model)

يعد هذا الأنموذج مرحلة لاحقة للأنموذجين السابقين، بيد أن تطابق القواعد المضبّبة في هذا الأنموذج مع تلك التي تستخدم في أنموذج «Mamdani» لم يحل دون ظهور **أربعة** فروق جوهرية بينهما شملت[٥٢]:

---

(٥٢) المصدر نفسه.

(١) افتراض أن مدخلات الأنموذج حدّية فقط، بينما يمكن لسابقه أن يتعامل مع متغيرات مضبّبة وحدية في آن واحد.

(٢) يستخدم آلية استدلال تختلف عن آلة الاستدلال المستخدمة في سابقه.

(٣) يستخدم طريقة الإضافة لربط استنتاجات القواعد المضبّبة، بينما يستخدم السابق القيمة العليا.

(٤) يوظف هذا الأنموذج آلية إزالة التضبيب من نوع مركز الثقل الجذبي، بينما لا يلتزم سابقه بآلية محددة لإزالة التضبيب.

تعتمد الصيغة العامة لهذا الأنموذج على الصياغة اللغوية لقواعده المنطقية التي ستأخذ القالب الآتي:

$$IF\ x\ IS\ A_i\ AND\ y\ IS\ B_i$$
$$THEN\ z\ IS\ C_i$$

فإذا أخذنا بعين الاعتبار المدخلين الحدّيين $x=x_0$ و$y=y_0$ فإن ناتج تطبيق هذا الأنموذج سيأخذ القالب الرياضي الآتي:

$$z = centriod\left(\sum_i \mu_{A_i}(x_0) \times \mu_{B_i}(y_0) \times \mu_{c_i}(z_0)\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٥)$$

خامساً: المسائل الظنية والمتغيرات المضبّبة: مقاربة مفاهيمية

استأثرت مسألة الظنّيات باهتمام أئمة العلوم الإسلامية، فأشبعوها سبراً وتحليلاً في مصنفات الفقه، وأصوله، وعلوم الحديث. وقد عدّ مجال الاجتهاد محصوراً في الظنيات فقط بعد أن تم تقسيمه إلى أقسام أربعة[٥٣]:

القسم الأول، النص قطعي الثبوت، ظني الدلالة، وهذا يكون في الآية، الذي دلَّ لفظها على الحكم دلالة ظنية، والحديث المتواتر الذي دلَّ لفظه على الحكم دلالة ظنية، مثاله: قوله تعالى: ﴿وَالْمُطَلَّقَاتُ يَتَرَبَّصْنَ بِأَنْفُسِهِنَّ ثَلَاثَةَ قُرُوءٍ﴾، [«سورة البقرة،» الآية ٢٢٨] فهذا قطعي الثبوت؛ لأنه قرآن، ولكنه ظني الدلالة؛ لأن لفظ «القرء» يحتمل أن يكون معناه «الحيض»، ويحتمل أن يكون معناه: «الطهر»، فيجتهد المجتهد للوصول إلى المراد من أحد المعنيين.

---

(٥٣) عبد الكريم بن علي بن محمد النملة: **المهذب في علم أصول الفقه المقارن: تحرير لمسائله ودراستها دراسةً نظريّة تطبيقيّة**، ٥ ج (الرياض: مكتبة الرشد، ١٤٢٠هـ/ ١٩٩٩م)، ج ٥، ص ٢٣٢٠، و**الجامع لمسائل أصول الفقه وتطبيقها على المذهب الراجح** (الرياض: مكتبة الرشد، ١٤٢٣هـ/ ٢٠٠٢م)، ج ١، ص ٣٩٨.

القسم الثاني، النص ظني الثبوت قطعي الدلالة، وهذا يكون في خبر الواحد الذي دلَّ على معناه دلالة قطعية، مثاله: قوله (ﷺ): «في كل خمس من الإبل شاة»، فإن هذا نص قطعي الدلالة؛ لأنه لا يدل إلا على معنى واحد فقط، ولكنه ظني الثبوت؛ لأنه لم ينقل إلينا بطريق التواتر، فيجتهد المجتهد بالبحث عن سنده، وطريق وصوله إلينا، وحال رواته من العدالة والضبط.

القسم الثالث، النص ظني الثبوت والدلالة معاً، وهذا يكون فيخبر الواحد الدال على معناه دلالة ظنية، مثاله: قوله (ﷺ): «لا صلاة لمن لم يقرأ بفاتحة الكتاب»، فإن المجتهد يجتهد هنا في أمرين هما: **الأول**، في سند الحديث، وطريق وصوله إلينا، وحال رواته من العدالة والضبط؛ **والثاني**، في دلالة الحديث؛ لأن الحديث يحتمل معنيين هما: «لا صلاة صحيحة إلا بفاتحة الكتاب»، و«لا صلاة كاملة إلا بفاتحة الكتاب».

القسم الرابع: الاجتهاد في ما لا نص فيه ولا إجماع، وهذا يكون في حادثة لم يرد حكمها في نص ولا إجماع، فيبذل المجتهد ما في وسعه في تحصيل حكم لتلك الحادثة، وذلك باستعمال أدلة أرشده إليها الشارع مثل: القياس، والاستحسان، وقول الصحابي، والمصالح المرسلة، والاستصحاب، وشرع من قبلنا، والعرف، وسد الذرائع، ونحو ذلك.

وتتوافر لنا في بيئة المنطق المضبّب وتطبيقاته أكثر من فرصة للولوج في هذه الأقسام حيث يمكن لهذا المنطق أن يدلو بدلوه في معالجات محوسبة ذكية قادرة على التعامل مع حزمة من المسائل ذات الصلة بهذا الحقل المعرفي. وسنسعى إلى ايراد **شاهدين** على تطبيقات المنطق المضبب ضمن فضاء المعرفة الإسلامي. سنتناول في **الأول** مسألة تتعلق بعلوم الحديث (نقد الرجال)، بينما سنعالج في الشاهد **الثاني** مسألة يختص بها علمي الفقه وأصوله التي تخصّ مسائل التعارض والترجيح بين الأدلة الشرعية، لكي يتضح المشهد وتتضح معالم الفرص التي تتوفر بين أيدينا لتطويع أدوات المنطق المضبب وآلة استدلاله للحضور في معالجات فضاء المعرفة الإسلامي.

١ ـ معالجات حديثية بأدوات المنطق المضبّب

يوجد تقارب كبير بين الأرضية المفاهيمية لعلم الحديث النبوي من جهة، والمنطق المضبب من جهة أخرى، لا بل قد نصل في بعض الأحيان إلى قناعة ثابتة بوجود تطابق كبير بينهما في كثير من الجوانب.

لقد اعترف جل أئمة الحديث وجهابذة نقاده بأن علم الحديث يعتمد على موارد ظنية تصعب معها إمكانية القطع بصحة ما ذهبوا إليه، لأن معالجة المسائل الحديثية تقع في دائرة ظاهر الأمر، فربما تصح رواية الضعيف، وتحفل رواية الثقة بموارد الضعف.

من أجل هذا عندما تحدّث أئمة الحديث عن الحديث الصحيح، قالوا إذا قيل في حديث إنه صحيح الإسناد، فإنه عبارة عن حكم ظني استند إلى قاعدة اتصال سنده، وعدالة نقلته، وخلوّه من الشذوذ والعلة، بيد أن هذا الأمر لا يلغي إمكانية جواز الخطأ والنسيان على الثقة في رواية بذاتها(٥٤).

أما مسألة نقد الرجال وتحديد مراتبهم، فموضوع يشوبه الكثير من الأمور الظنية التي تنشأ عن أكثر من مورد يلقي بظلال اللايَقين على القطع بصرامة الحكم ووضوح أدلته بصورة قطعية.

إن العدالة، والتقوى، والمروءة، والحفظ، والإتقان سمات إنسانية تفتقر في تحديد تخومها إلى حدود اصطلاحية موضوعية ذهب أئمة الشأن إلى أكثر من مذهب عند بيانها.

وعلى هذا الأساس، نجد أكثر من تعريف، ومجموعة كبيرة من الأقوال المنقولة في تحديد دلالة هذه الصفات النوعية، والتي اصطلح علماء الحديث عليها لكي يمهدوا لنفسهم طريقاً سالكة يمكن من خلالها إصدار أحكامهم النقدية على رواة الحديث، وحفظ الإرث النبوي من موارد الضعف والوضع.

من جهة أخرى، فإن الجوانب الإنسانية ذات الصلة بهوية المحدث تبقى أمراً ظاهراً لا يمكن الولوج في أعماقها، وتفرض علينا استخدام منهج المقاربة بين مجموعة من السلوكيات التي يمارسها في البيئة العلمية والاجتماعية، ومحاولة توصيفها ضمن معايير تصلح لكي تكون معياراً على مرتبته بالرواية. كذلك فإن المعايير التي يستخدمها الناقد ربما تختلط بعنصر أو مجموعة عناصر قد تحتوي في كثير من الأحيان على عناصر ذاتية تلقي ظلالها على دلالة المفاهيم التي يستخدمها في تحديد مكانة المحدث ومروياته على سلّم مراتب المحدثين الثقات أو الضعفاء.

---

(٥٤) جلال الدين عبد الرحمن بن أبي بكر السيوطي، **تدريب الراوي في شرح تقريب النواوي** (بيروت: المكتبة العلمية، ١٩٧٦).

منحت هذه الأرضية المفاهيمية الخصبة أئمة الحديث ونقاد الرجال فرصة ثمينة لصوغ نهج نقدي محكم نجح في حفظ السنة النبوية من الروايات الموضوعة، وأخبار أهل الكتاب وترّهاتهم. وستمنحنا في العصر الراهن تبريراً موضوعياً، وستشد أزرنا في وضع المنطق المضبب وأدواته قبالة الخزين المعرفي لعلوم الحديث، وموارده لكي نعاود قراءتها بمنطق لغوي مقارب لمعالجات أئمة الحديث ونقّاد الرجال، بعيداً من الفرضيات والقواعد الصارمة التي أفرزها المنطق الأرسطي عندما افترض وجود حد فاصل بين القضية ونقيضها من دون أن يفسح مجالاً لمساحات تمتلك نسبة مقبولة من هذا الوصف أو ذاك. فنكون بذلك أشدّ قرباً من المنطق الحديثي الذي مارسه أجدادنا عندما تعاملوا مع هذه المسائل بدراية وحنكة فحفظوا لنا السنة ودفعوا عنها موارد الوضع والشبهات.

أ ـ إعادة تشكيل قواعد نقد الرجال بمعيار المنطق المضبّب

عمد أئمة علوم الحديث دراية ورواية (منذ بدايات نشوء علم الحديث النبوي الشريف في القرون الثلاثة الأولى) إلى إرساء قواعد نقدية صارمة لضمان سلامة الحديث النبوي الشريف من آفة الوضع، أو انتشار الروايات التي يتداولها المحدثون الضعفاء والمتروكون.

وقد عولجت المسائل بمنطق حديثي صرف أفرزته الآلة المعرفية الخصبة التي نشأت في تربة الشريعة الإسلامية، وغذّتها أدوات اللغة العربية التي حددت معالم الصدق في القضايا المطروحة في بيئة الحديث النبوي الشريف.

ويحتل علم الجرح والتعديل شطر البقعة التي استوطنتها علوم الحديث بعد أن سخّر العلماء قواعده لنقد حملة الحديث الذين يمثلون طريق إسناد الحديث إلى رسول الله (ﷺ). ولكي نعيد تشكيل أدوات خطاطتنا المعرفية التي توجهت صوب أدوات المنطق الأرسطي، ونسعى إلى توظيف أدوات المنطق المضبب الذي بدأ يحتل مكان الصدارة في عصرنا الراهن لما يتميز به من مقاربة معرفية للمنطق البشري وما يسوده من موارد مواطن مضبّبة لا يمكن القطع بصحتها، فقد عاودنا قراءة مصنفات أئمة الجرح والتعديل وسبرنا عباراتها قبل أن نودعها في محورين أساسيين: **الأول**، شروط نستخدمها كمتغيرات تصف مدخلات الأنموذج الرياضي المقترح لمعالجة مسائل الجرح والتعديل؛ **والثاني**، قواعد تصلح للتوظيف ضمن الآلة المعرفية لآليات الاستدلال التي يختص بها المنطق المضبّب.

ويظهر في الجدول الرقم (٣ ـ ٥) أهم الشروط التي سنستخدمها بوصفها مدخلات في الأنموذج المنطقي الذي سنوازن من خلاله بين ما قيل عن هذا المحدث أو ذاك، ونعكسها على شكل مستويات تستوعب مفردات هذه الشروط التي صاغها أئمة هذا العلم الجليل.

الجدول الرقم (٣ ـ ٥)

المتغيرات الحديثية التي استخدمت كمدخلات في الأنموذج المقترح

المتغير	مستويات دالّة العضوية لكل متغير			
السمات العلمية للناقد(١)	إمام في علمه	عالم لديه آفة تعصّب	عالم في تقواه شك	غير متمكن من علمه
سبب الجرح والتعديل(٢)	مفسر		مبهم	
تعارض الحكم(٣)	تقديم الجرح	تقديم التعديل	التفصيل	
اتفاق الأئمة(٤)	متفق عليه	اتفاق مع وجود خلاف	وجود تعارض شديد	
موقف الناقد(٥)	متشدد	متوسط	متساهل	
التعنت في الجرح(٦)	معاصرة	عداوة	عصبية	يختص بصفة دون غيرها
الاختلاف بالمذهب(٧)	تشيّع	ابتداع	خلاف بالمذهب العقدي أو الفقهي	
آفة الابتداع(٨)	داعية لبدعته	لا يدعو إلى بدعته	يروي ما يخالف بدعته	
حصيلة الحكم	**مرتبة مطلقة**	**متفق على مرتبته**	**بحاجة إلى دراسة**	

(١) انظر: أبو عبد الله محمد بن أحمد الذهبي، **ميزان الاعتدال في نقد الرجال**، تحقيق علي محمد البجاوي، ٤ ج (القاهرة: مطبعة عيسى البابي الحلبي، ١٣٨٢هـ/ [١٩٦٢م])، ج ٣، ص ٤٠، وأبو الحسنات محمد عبد الحي اللكنوي، **الرفع والتكميل في الجرح والتعديل**، تحقيق عبد الفتاح أبو غدة، ط ٣ (القاهرة: مكتب المطبوعات الإسلامية، ١٤٠٧هـ/ [١٩٨٧م])، ص ٦٧.

(٢) انظر: اللكنوي، المصدر نفسه، ج ٢، ص ٧٩، وأبو بكر أحمد بن علي الخطيب البغدادي، **الكفاية في علم الرواية** (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٧٠)، ص ١٠٠.

(٣) انظر: الخطيب البغدادي، المصدر نفسه، ص ٩٦؛ **فتح المغيث**، ج ١، ص ٢٩٥، و**تنقيح الأنظار**، ج ٢، ص ١٦٧.

(٤) انظر: الخطيب البغدادي، المصدر نفسه، ص ١٠٥.

(٥) انظر: اللكنوي، المصدر نفسه، ص ٢٧٦ ـ ٢٨٣.

(٦) انظر: المصدر نفسه، ص ٣٠٧ ـ ٣١٠؛ محمد بن علي بن حجر العسقلاني، **تهذيب التهذيب** (حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٣٢٥هـ/ [١٩٠٧م])، ج ١٠، ص ١٥٨، ومحمد بن علي بن محمد الشوكاني، **البدر الطالع** (القاهرة: مطبعة السعادة، ١٣٤٨هـ/ [١٩٢٩م])، ج ١، ص ٣٧٨.

(٧) انظر: اللكنوي، المصدر نفسه، ص ٣٠٣ ـ ٣١٥، حيث ستقف على شواهد متنوعة في هذا الباب.

(٨) انظر: المصدر نفسه، ص ٤٠٩ وما بعدها، ومحمد بن علي بن حجر العسقلاني، **هدي الساري مقدمة فتح الباري** (القاهرة: المطبعة المنيرية، ١٣٤٧هـ/ [١٩٢٨م])، ج ٢، ص ١٧٨.

قام أئمة الجرح والتعديل بحبك مفردات المتغيرات الحديثية ضمن نسيج محكم، تطور مع مرور الوقت إلى منطق أصيل متماسك يمتلك أرضية نقدية رصينة قادرة على إصدار حكم نقدي موضوعي على هذا المحدث أو ذاك. وقد أسعفت هذه المحاولات الحصيلة الميدانية لأقوال جهابذة نقاد الرجال وصيارفة الحديث التي أودعوها في كتبهم، أو تضمنتها المصنفات الخصبة بهذا المضمار الكريم.

ولا نستطيع ادعاء شمول هذه الدراسة لجميع القواعد التي وظفها أئمة الجرح والتعديل في عمليات نقد الرجال، وصيرفة خلفيتهم الحديثية، ولكنا بذلنا ما في وسعنا للملمة عدد كبير منها لكي تكون هذه المحاولة قريبة من البيئة التي نحاول معالجتها بأدوات معلوماتية معاصرة، والبدايات تكون دائمة مليئة بفجوات يسعى الباحثون إلى سدّها بدراسات لاحقة تثري الموضوع، وترتقي بموضوعيته، بحيث تضعه قبالة المناهج التي ألفنا استخدامها في صوغ نهج التعامل مع المفردات المطروحة على بساط البحث. ويظهر في الجدول الرقم (٣ ـ ٦) أهم القواعد ذات الصلة المباشرة بالمتغيرات التي أودعناها في الأنموذج المعلوماتي المضبب، ويكثر استخدامها بين أئمة هذا العلم ورجاله.

الجدول الرقم (٣ ـ ٦)

قواعد حديثية توجّه منطق المتغيرات المعتمدة

المتغير	قواعد حديثية منتخبة
السمات العلمية للناقد	• يشترط في الجارح والمعدل العلم والتقوى والورع والصدق والتجنب عن التعصب ومعرفة أسباب الجرح والتزكية ومن ليس كذلك لا يقبل منه الجرح ولا التزكية. • إن صدر الجرح من غير عارف بأسبابه لم يعتبر به. • حق على المحدث أن يتورع في ما يؤديه وأن يسأل أهل المعرفة والورع ليعينوه على إيضاح مروياته ولا سبيل إلى أن يصير العارف الذي يزكي نقلة الأخبار ويجرحهم جهبذاً إلا بإدمان الطلب والفحص عن هذا الشأن وكثرة المذاكرة والسهر والتيقظ والفهم مع التقوى والدين المتين والإنصاف والتردد إلى العلماء والإتقان وإلا تفعل فدع عنك الكتابة. • لا بد للمزكي أن يكون عدلاً عارفاً بأسباب الجرح والتعديل وأن يكون منصفاً ناصحاً لا أن يكون متعصباً ومعجباً بنفسه فانه لا اعتداد بقول المتعصب.
سبب الجرح والتعديل	• يقبل التعديل من غير ذكر سببه لأن أسبابه كثيرة فيثقل ذكرها. • لا يقبل الجرح إلا مفسراً يبين سبب الجرح. لأن الجرح يحصل بأمر واحد فلا يشق ذكره، ولأن الناس مختلفون في أسباب الجرح فيطلق أحدهم الجرح بناء على ما اعتقده جرحاً وليس الجرح في الأمر نفسه فلا بد من بيان سببه ليظهر أهو قادح أم لا. • لا يجب بيان سبب كل منهما إذا كان الجارح والمعدل عارفاً بصيراً بأسبابهما.

يتبع

تابع

تعارض الحكم	• الجرح مقدما مطلقاً ولو كان المعدلون أكثر. • إن كان عدد المعدلين أكثر قدم التعديل. • يتعارض الجرح والتعديل فلا يترجح أحدهما إلا بمرجح.
اتفاق الأئمة	• متفق على توثيقه أو تضعيفه. • هناك شبه اتفاق مع وجود أقوال قليلة معارضة للحكم بشأن المحدث. • هناك تعارض بيّنٌ بين أقوال الموثقين والمضعّفين.
موقف الناقد	• قسم منهم متعنت في الجرح متثبت في التعديل يغمز الراوي بالغلطتين والثلاث فهذا إذا وثق شخصاً فعض على قوله بنواجذك وتمسك بتوثيقه، وإذا ضعف رجلاً فانظر هل وافقه غيره على تضعيفه، فإن وافقه ولم يوثق ذلك الرجل أحد من الحذاق فهو ضعيف. ومن رجال هذا القسم: شعبة وسفيان الثوري وشعبة أشد منه. • قسم منهم متسامح يجب التدقيق في أقواله، ووضعها قبالة بقية أئمة الشأن. ومن رجال هذا القسم: الترمذي والحاكم وابن حزم. • قسم متوسط يركن إلى أقواله إذا كانت مفسرة. ومن رجال هذا القسم: الإمام أحمد بن حنبل، والدارقطني، وابن عدي.
التعنت في الجرح	• من النقاد من له تعنت في جرح أهل بعض البلاد، أو بعض المذاهب لا في جرح الكل فحينئذ ينقح الأمر في ذلك الجرح. • الجرح إذا صدر من تعصب أو عداوة أم منافرة أو نحو ذلك فهو جرح مردود. • لا يقبل جرح المعاصر على المعاصر، إذا كان بلا حجة لان المعاصرة تفضي غالباً إلى المنافسة والمنافرة.
الاختلاف بالمذهب	• ينبغي الرجوع إلى أقوال بقية النقاد والتنقير عن سبب الجرح.
آفة الابتداع	• ما كل من فيه بدعة أو له هفوة أو ذنوب يقدح فيه بما يوهن حديثه ولا من شرط الثقة أن يكون معصوماً من الخطايا والخطأ. • لا تقبل رواية المبتدع الداعي إلى بدعته. • تقبل رواية الراوي إذا كانت مخالفة لبدعته.

ب ـ وصف الأنموذج المنطقي المضبب لعملية نقد الرجال

إن أهم الفروق المقيمة بين الأنموذج المنطقي الأرسطي (الذي نكثر من استخدامه في المقايسات العقلية للفكر) والمنطق المضبب تكمن في إضافة متغير جديد أطلق عليه دالّة العضوية التي تحدد مستوى انتساب المتغير لكل حالة من الحالات التي يتم من خلالها تعريف مقدار انتمائه لكل منها. فقولنا المحدث الفلاني ثقة (بصيغة الجزم/ وفق المنطق الأرسطي التقليدي) تعني أنه يتسم بإطلاق هذه الصفة وفق معيار ثنائيّ القيمة لا توجد قيمة وسيطة بين حدّيه (إما ثقة وإما ضعيف). أما المنطق المضبب فيضع دالّة العضوية لكي تحدد مستوى انتمائه إلى سمة الثقة، أو خروجه عنها في ضوء الحالات التي تعالج منها المسألة.

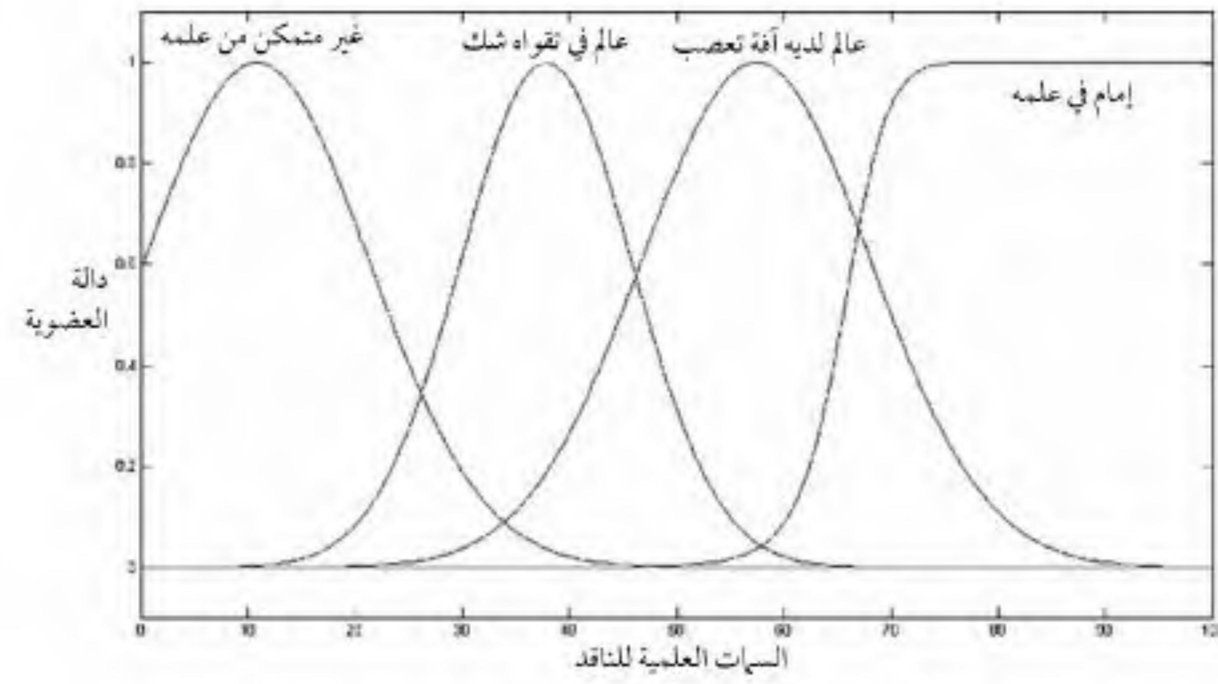
وينطبق المفهوم ذاته على المتغيرات التي يستخدمها أئمة الحديث في صيرفة الرجال وسبر مراتبهم، فلكل حالة دالّة عضوية تحدد مستوى الانتماء لكل مستوى من مستوياتها. فقد يكون انتماء المحدث بنسبة ٣٠ بالمئة إلى مستوى الثقات، و٧٠ بالمئة إلى مستوى الضعفاء، فهو ليس ضعيفاً صرفاً، ولا ثقة، لأنه يقبع في منطقة وسيطة بين هاتين الصفتين تحدد مكانته في ميزان نقاد الرجال. وقد تزداد قناعتنا بصحة هذه العبارة المنطقية عندما نعاود مطالعة المستويات المحددة إزاء كل متغير في الجدول الرقم (٣ ـ ٥) حيث يظهر بجلاء وجود أكثر من عامل يؤثر في القطع بالحكم على هذا الراوي أو ذاك بأساليب حدية صارمة.

ورغم أن ميدان معالجات الحوسبة الذكية اقتصرت في هذه الأيام على الدوريات العلمية الصرفة، فإننا سنحاول أن ندرج بين ثنايا النص بعض الأشكال الرسومية التي تصف جزءاً يسيراً من التغييرات الحاصلة في دوالّ العضوية لبعض المتغيرات التي تناولتها الدراسة، بينما سنترك الجزء الأكبر لتطرح في الدوريات العلمية الصرفة (انظر الأشكال ذات الأرقام (٣ ـ ٢) و(٣ ـ ٣) و(٣ ـ ٤) و(٣ ـ ٥) على سبيل المثال لا الحصر).

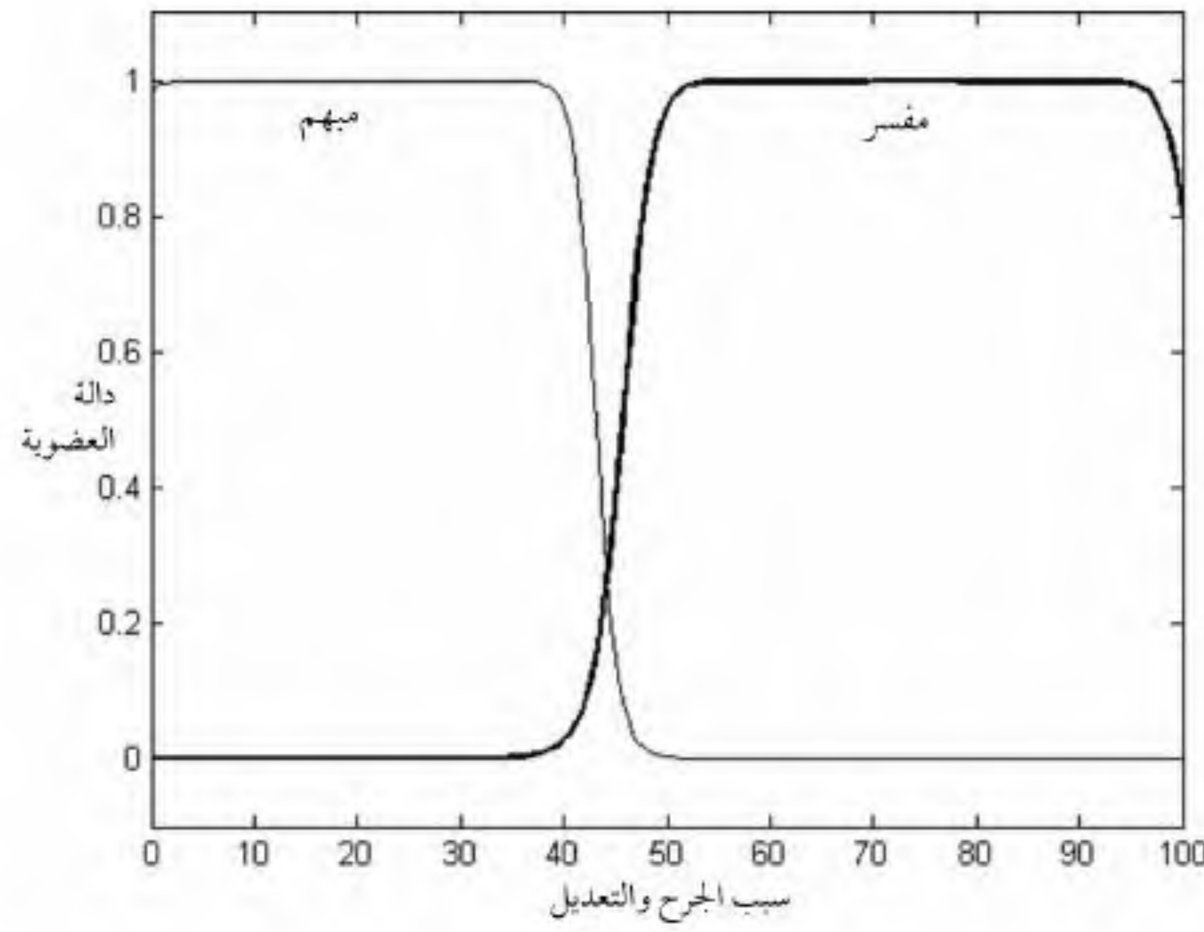
يبدو من الشكل الرقم (٣ ـ ٢) أن قيمة المتغير الذي يصف دالّة عضوية السمات العلمية للناقد تراوح بين (٠ ـ ١٠٠). وإذا تناولنا مستوى الناقد غير المتمكن من علمه سنجد أن المرتبة التي يستحقها تراوح بين (٠ ـ ٢٠) وأن لكل قيمة مرتبة تحدد مقدار انتمائها على سلّم دالّة العضوية. فكلما زادت قيمة هذه المرتبة تناقص انتماؤها إلى مستوى الناقد غير المتمكن باتجاه عالم في تقواه شك، حيث ستنعكس هذه القيمة العددية على

تحديد قيمة حصيلة الحكم في كل حالة من الحالات التي يصدر فيها الناقد حكمه. ويصح الأمر كذلك على بقية المستويات التي تصف هذا المتغير. ويصح الأمر على بقية الأشكال ذات الأرقام (٣ ـ ٣) و(٣ ـ ٤) و(٣ ـ ٥)، حيث نجد أنفسنا قبالة مستويات متعددة لكل متغير قد اعتمدناه في الأنموذج المقترح (سبب الجرح والتعديل، تعارض الحكم، وحصيلة الحكم، وغيرها من المتغيرات)، وأن لكل مرتبة قيمة لدالّة العضوية تحدد انتماءها لتلك المرتبة (كلما ازدادت قيمة دالّة العضوية باتجاه القيمة ١ التي تدل على انتماء تام لتلك المرتبة، أما إذا كانت أقل من ١ فتؤشر نحو انتماء جزئي لتلك المرتبة).

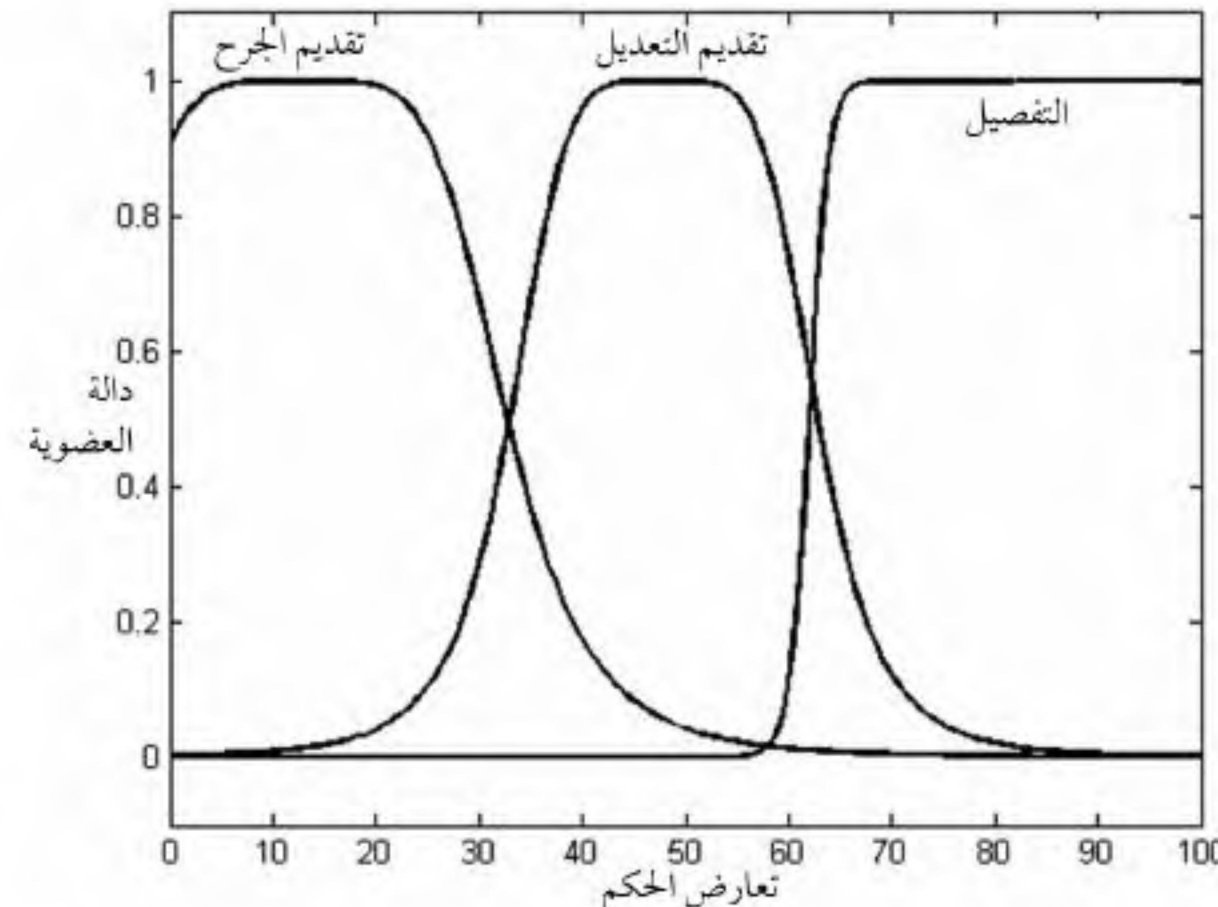
الشكل الرقم (٣ ـ ٢)
دالّة العضوية المستخدمة في وصف
مستويات السمات العلمية للناقد



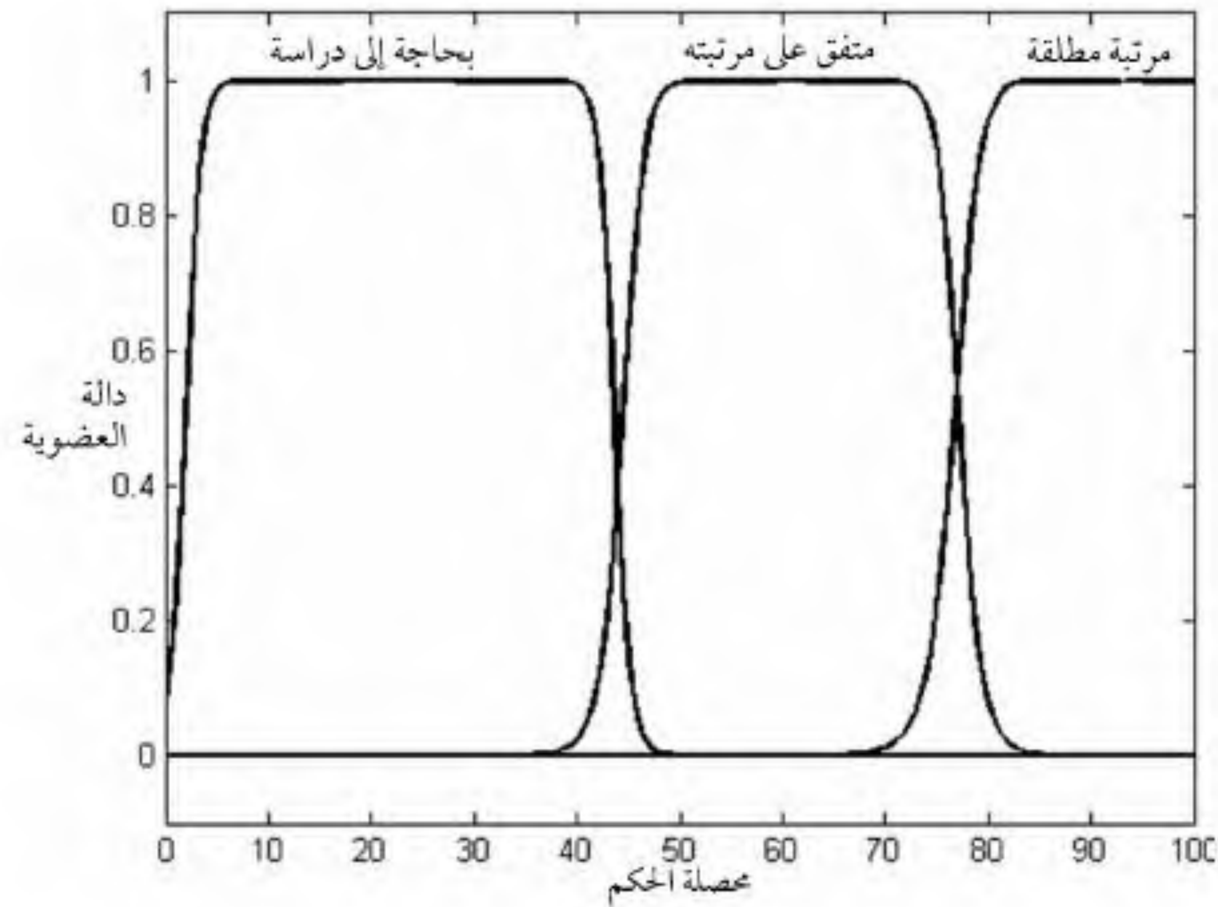
الشكل الرقم (٣ ـ ٣)
دالّة العضوية المستخدمة في وصف
مستويات سبب الجرح والتعديل



الشكل الرقم (٣ ـ ٤)
دالّة العضوية المستخدمة في وصف
مستويات تعارض الحكم



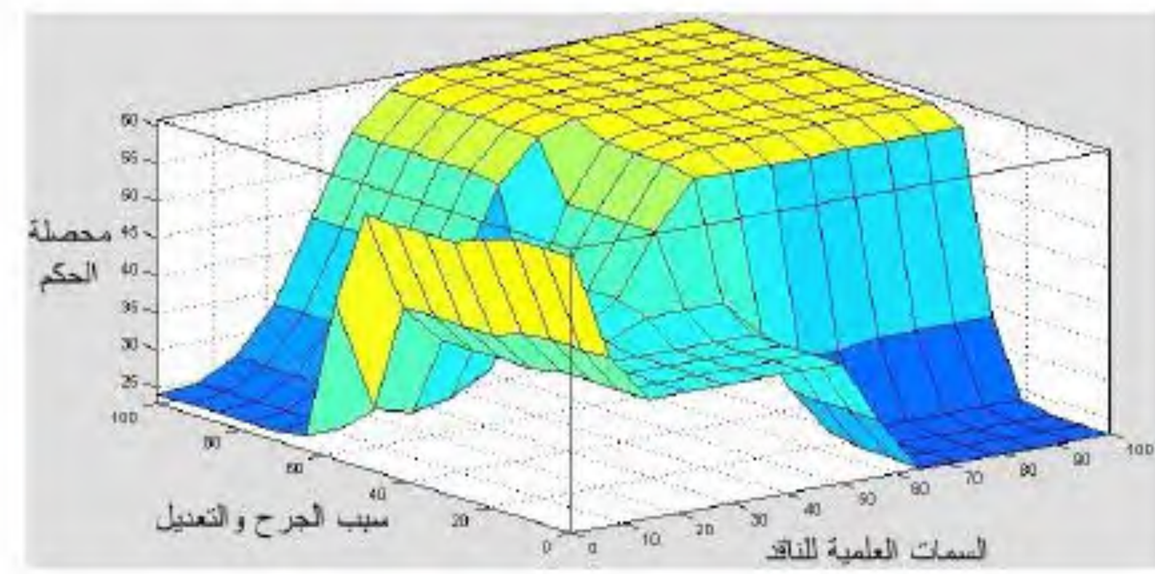
الشكل الرقم (٣ ـ ٥)
دالّة العضوية المستخدمة في
وصف مستويات حصيلة الحكم



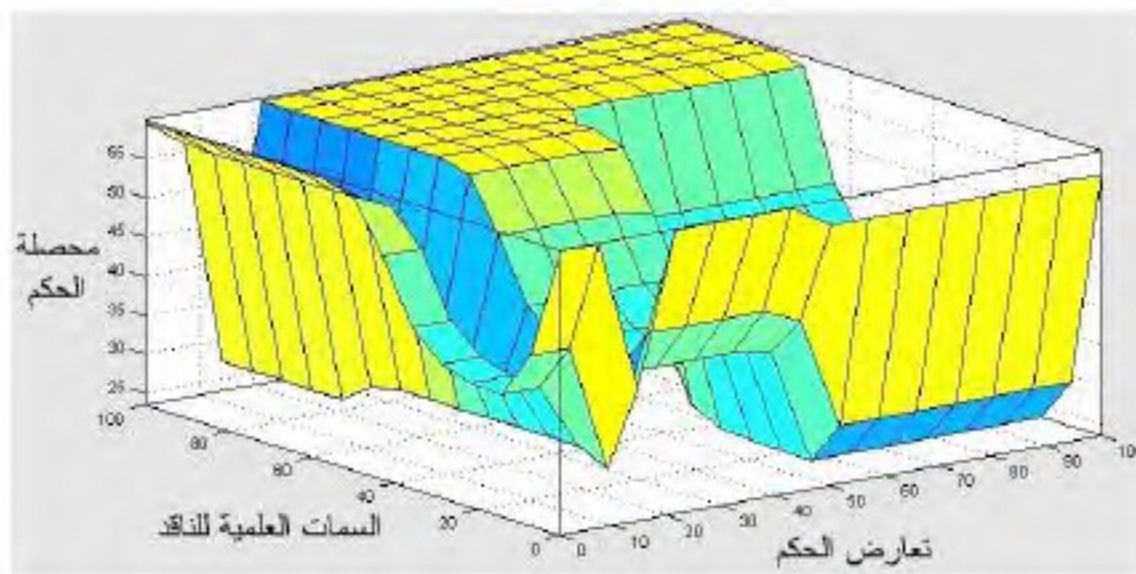
أما عملية توظيف القواعد المنطقية في بناء الأنموذج فيمكن أن تمنحنا أشكالاً ثلاثية الأبعاد تتسم بتعقيد بالغ، ويصعب تفسيرها بواسطة العاملين في علوم الحديث ونقاد الرجال في هذه الأيام، بيد أن تعقيدها لن يعفينا جميعاً من مسؤولية توظيفها في إعادة تقييم أو قولبة المفاهيم التي أَلِفنا استخدامها منذ بضعة قرون. لذا آثرنا عرض بضعة رسوم ثلاثية الأبعاد من المجموعة الكبيرة التي يوفرها لنا الأنموذج الرياضي، لكي نستقرئ ماذا تصف لنا من عملية نقد الرجال، وما هي الحدود التي يقترحها المنطق الجديد على عملية إطلاق الوصف النقدي على هذا المحدث وذاك. كما أنها ستسهم في تحريك علماء الرجال من سكونهم لكي يوظفوا أدوات المعلوماتية بما يسهم في إثراء فضاء المعرفة الإسلامي (انظر الأشكال ذات الأرقام (٣ ـ ٦) و(٣ ـ ٧) و(٣ ـ ٨) و(٣ ـ ٩) على سبيل المثال لا الحصر).

إن النتائج التي يطرحها المنطق المضبّب تتطابق تماماً مع ما ذهب إليه أئمتنا دون أن تختلف معهم، بيد أنها قد تسهم في الوقت نفسه بسدّ بعض الثغرات التي ورثناها نتيجة عدم كفاية المعلومات، أو غياب النهج النقدي المناسب لحل بعض الإشكاليات أو المسائل العويصة. ولكي لا نقحم عالم الحديث، وغير المتخصص بالحوسبة الذكية في نقاشات منطقية، وتحليل معلوماتي صوري، سنحاول أن نلفت انتباهه إلى الشكل الرقم (٣ ـ ١٠)[٥٥].

الشكل الرقم (٣ ـ ٦)
التغير في حصيلة الحكم
في ضوء السمات العلمية للناقد
وسبب الجرح والتعديل

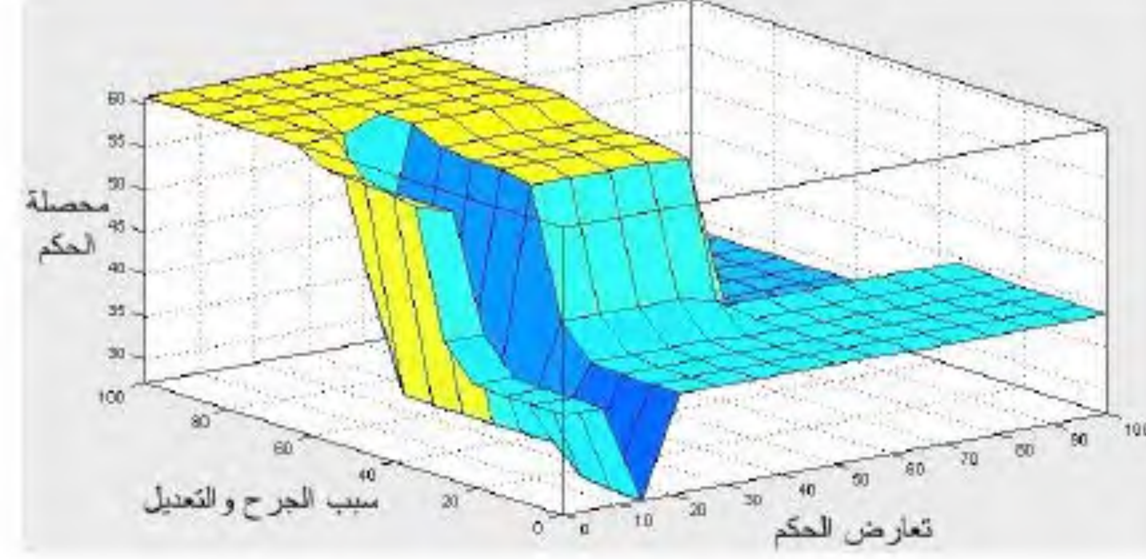


الشكل الرقم (٣ ـ ٧)
التغير في حصيلة الحكم
في ضوء السمات العلمية
للناقد وتعارض الحكم

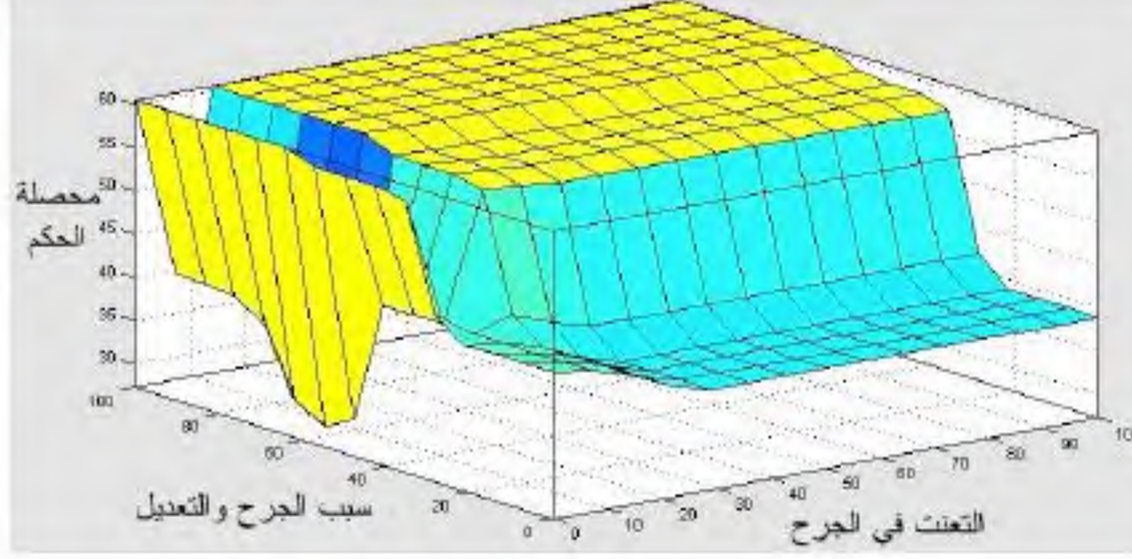


(٥٥) لم نناقش جميع الأشكال المنتخبة من عملية التحليل المنطقي للمسألة لكي لا يخرج البحث من دائرة علم الحديث فيدخل في دائرة المعلوماتية، والمنطق المضبب. من جهة أخرى حاولنا أن نناقش شكلاً واحداً وتركنا بقية الأشكال لكي يمعن القارئ نظره في تفاصيلها.

الشكل الرقم (٣ ـ ٨)
التغير في حصيلة الحكم
في ضوء تعارض الحكم
وسبب الجرح والتعديل



الشكل الرقم (٣ ـ ٩)
التغير في حصيلة الحكم في
ضوء سبب الجرح والتعديل
وسمة التعنّت في الجرح



ويبدو واضحاً (من الوصف الرسومي ثلاثي الأبعاد) بأن آثار التعنت في الجرح حصرت قيمة حصيلة الحكم بمستوى ٣٠ بالمئة، وهو ما يفقدها أهميتها في حدود غياب سبب الجرح (عندما يكون الجرح مبهماً غير مفسر). بينما نلاحظ ارتقاء قيمة حصيلة الحكم من ٤٠ بالمئة باتجاه ٦٠ بالمئة كلما ازدادت الشواهد المفسرة والمبررة التي اعتمدها الناقد المتشدد إزاء راوٍ بذاته. وهو أمر يتطابق إلى حد كبير مع المنهج النقدي لأئمة الحديث ونقاد الرجال.

كذلك يبدو واضحاً من الأشكال الثلاثية الأبعاد غياب وصف المرتبة المطلقة عن المحدثين (لأن قيمة حصيلة الحكم لم تزد في جميع الأحوال على ٦٠ بالمئة، والذي يقع ضمن دالّة عضوية المتفق عليه (انظر الشكل الرقم (٣ ـ ٥)).

وهو أمر يتطابق إلى حد كبير مع أرضية إصدار الحكم بصدد رجال الحديث لأن هناك على أرض الواقع تأرجحاً بين مرتبة وأخرى حيث تلعب المعايير التي يعتمدها الناقد دوراً كبيراً في تحديد انتمائه أو عدم انتمائه إلى كلّ مرتبة من المراتب. فإطلاق أئمة الحديث اصطلاح ثقة، أو ثبت، أو ضابط، أو متقن، أو حافظ على محدّث بذاته لا يعني أنه استحق هذه الصفة بإطلاق عبارتها. فالحفظ، أو الإتقان، أو الضبط أمور نسبية تختلط مادتها بنسيج الهوية الإنسانية التي قد تلتصق بها صفات أخرى تسهم في تغيير دلالتها باختلاف زاوية منظور المعالجة. بمعنى آخر، إن معيار كل صفة من هذه الصفات يتأرجح بين مجموعة من القيم النسبية التي تعد جزءاً من قيمة حقل التغير تستقر ضمن مستوى صفة الحفظ، أو الإتقان، أو الثقة. وهذه أمور ينبغي أن تبقى راسخة في أذهاننا على الدوام لأن المعايير البشرية نسبية، وتفتقر إلى نقطة مرجعية

تحدد تخومها بالنسبة إلى معيار محدد، أما العلم الإلهي فهو الوحيد الذي يتسم بالصفة المطلقة، ولا يفتقر إلى تخوم تحدد ماهيته من بقية الماهيات التي تشترك معه في البيئة التي يستوطن فيها.

وإذا حاولنا توظيف أنموذج المنطق المضبّب على مجموعة من نقاد الرجال وجهابذتهم، سنحصل على مجموعة متباينة من نقاط التقييم التي يمكن أن نعدها مناراً يمكن أن يستهدي به العاملون في ميدان الحديث النبوي عند الموازنة بين أقوال النقاد في هذا الراوي أو ذاك (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٧)).

بيد أن ما نريد لفت الانتباه إليه هو أن قول الناقد في مسألة محددة لا يمكن أن يعدّ معياراً فاصلاً لتحديد حصيلة الحكم النهائية التي تحدد مرتبة عبارته النقدية إزاء راوٍ محدد وموازنتها مع بقية أقوال النقاد. من أجل هذا يعمد المتخصصون في ميدان الجرح والتعديل إلى تدقيق الأقوال في ضوء ما نقل من معلومات عن الناقد، وطبيعة العوامل الحاكمة لقرارهم النقدي تجاه الراوي الذي تدور حوله رواية تستقر في تربة مسألة فقهية، أو عقدية، على سبيل المثال، لكي تكون الموازنة النقدية منصفة في كفتي الحاكم والمحكوم عليه.

الجدول الرقم (٣ ـ ٧)

مقارنة بين نتائج الأنموذج المنطقي عن نقاد الرجال

الناقد	السمة العلمية	سبب الجرح والتعديل	تعارض الحكم	اتفاق الأئمة	موقف الناقد	التعنت في الجرح	الاختلاف في المذهب	آفة الابتداع
يحيى بن سعيد القطان	إمام في علمه	.	تقديم الجرح	..	متشدد	.	.	.
عبد الرحمن بن مهدي	إمام في علمه	.	تقديم الجرح	.	متشدد	.	.	.
الترمذي	إمام في علمه	.	التفصيل	.	متوسط	.	.	.
أحمد بن حنبل	إمام في علمه	.	التفصيل	.	متوسط	.	.	.
الجوزجاني	عالم لديه آفة تعصب	.	تقديم التعديل	.	متساهل	يناصب الكوفيين العداء	خلاف مذهبي	.

إن الحقول الفارغة تؤشر إلى ضرورة توافر معلومات تفصيلية عن محدث بذاته لكي نستطيع الحكم على القول الذي نقل عن الناقد الفلاني بصدده. ولكي نجعل المسألة أكثر وضوحاً سنتناول مسألة محددة تتعلق بحكم الإمام عبد الرحمن بن مهدي على علي بن صالح بن حي[٥٦]. فقد اتفق الأئمة على توثيقه مثل: يحيى بن معين، والنسائي. بيد أنه قد نجم عن هذه المتغيرات في فقرتي الاختلاف في المذهب (كان علي متشيّعاً، كما أنه لم يكن يدعو إلى بدعته)، حصول تغيير في حصيلة الحكم إزاء ما نقل عن ابن مهدي بحيث انخفضت قيمتها إلى قيمة رقمية مقدارها (٤٢ بالمئة)، وهو ما يجعل حكمه في مرتبة بحاجة إلى دراسة ضمن مستويات حصيلة الحكم (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ١)). لذا لا يركن إلى قوله وتراعى متغيرات أخرى لإصدار الحكم بشأن علي بن صالح[٥٧].

٢ ـ معالجات فقهية بأدوات المنطق المضبّب

سنحاول أن نمارس معالجة سريعة لمسألة تحتل مكانة بارزة في علم أصول الفقه، هي التعارض والترجيح بين الأدلة الشرعية. وسنسعى إلى توظيف أدوات أنموذج المنطق المضبّب في التعامل مع بعض تفاصيل هذه المسألة.

الترجيح لغةً: التمييل والتغليب، مِن: «رجح الميزان يرجَح، ويرجُح، ويرجِح، رجحاناً» أيْ مال، و«أرجح الميزان» أثقله حتى مال، و«رجح الشيء بيده» وزنه ونظر ما ثقله[٥٨]. وقد وصفه الإمام السرخسي وصفاً يتوافق مع العبارات المنطقية التي تعودنا استخدامها في فصول هذا الكتاب فقال رحمه الله تعالى[٥٩]: «الترجيح لغةً: إظهار فضل في أحد جانبَي المعادلة وصفاً لا أصلاً، فيكون عبارةً عن مماثلة يتحقق بها التعارض ثُمّ يظهر في أحد الجانبيْن زيادة على وجه لا تقوم تلك الزيادة بنَفْسها».

---

(٥٦) الذهبي، **ميزان الاعتدال في نقد الرجال**، ج ٣، ص ١٢٣.

(٥٧) راجع تفاصيل المسألة في: حسن مظفر الرزو، «منهج الإمامين يحيى بن القطان وعبد الرحمن بن مهدي في الرواية عن المحدثين الضعفاء،» **الأحمدية**، العدد ١١ (٢٠٠٢)، ص ١٩١.

(٥٨) أبو الفضل محمد بن مكرم بن علي بن منظور، **لسان العرب**، ط ٣ (بيروت: دار صادر، ١٤١٤هـ/[١٩٩٣م])، ج ٢، ص ٤٤٥؛ أبو الفيض مرتضى بن محمد الزبيدي، **تاج العروس من جواهر القاموس**، تحقيق مجموعة من اللغويين، ١٠ ج (بيروت: دار الهداية، [د. ت.])، ج ٢، ص ١٤١، ومجد الدين محمد بن يعقوب الفيروز آبادي، **القاموس المحيط**، تحرير محمد نعيم عرقسوسي، ط ٦ (بيروت: مؤسسة الرسالة، ١٩٩٩)، ج ١، ص ٢٢٩.

(٥٩) أبي بكر محمد بن أحمد بن أبي سهل السرخسي، **أصول السرخسي**، حقّق أصوله أبو الوفا الأفغاني، ٢ ج (حيدر آباد الدكن: لجنة إحياء المعارف العثمانية، [د. ت.])، ج ٢، ص ٢٤٩.

وقد عمد أئمة الأصول إلى اقتراح تعريفات عدة للترجيح، فنرى أن إمام الحرمين كان أكثرها قرباً من دلالته الأصولية، فوصفه في كتابه **البرهان**(٦٠): بأنه تغليب بعض الأمارات على بعض في سبيل الظن.

والترجيح هو نتيجة حتمية لحضور التعارض الظاهري بين دليلين من أدلة الشريعة على سبيل الممانعة(٦١).

- **تحليل منطق الترجيح وخطاطته المعرفية**

تعد عملية تحليل عناصر عملية الترجيح ضرورية لصوغ البيئة المنطقية المضبّبة للتعامل مع هذه المسألة بمنطق محوسب. وسنحاول أن نحلّل منطق الترجيح عبر مجموعة محاور:

المحور الأول: أركان الترجيح: بداية يمكننا القول إن الترجيح لا بُدّ فيه مِن طرفيْن مرجَّح بَيْنَهُمَا، وهُمَا: الراجح والمرجوح، أي الدليلان المتعارضان، ويلزم ـ كذلك ـ قائم بعملية الترجيح: وهو المرجِّح. ثُمّ لا بُدّ مِن اختصاص أحد الدليليْن بقوة ليست في الدليل الآخَر.

وعليه فإنّ أركان الترجيح ستكون محصورة في **ثلاثة** أركان: **الأول**، مرجَّح بَيْنَهُمَا (الراجح والمرجوح)؛ **الثاني**، مرجَّح به، وهو ما اختص به أحد الدليليْن مِن قوة؛ **الثالث**، مرجِّح، وهو المجتهد.

المحور الثاني: شروط الترجيح: تظهر المراجعة المتأنية لكتب الأصول أن الأصوليين وضعوا شروطاً لِلترجيح، يمكن حصرها في ما يأتي:

ـ أنْ يكون بَيْن الأدلة.

ـ تحقق التعارض بَيْن الأدلة من تقابلها وتعارضها.

ـ أنْ يقوم دليل على الترجيح.

---

(٦٠) أبو المعالي عبد الملك بن عبد الله إمام الحرمين الجويني، **البرهان في أصول الفقه**، حقّقه وقدّمه ووضع فهارسه عبد العظيم الديب، ٢ ج (القاهرة: دار الأنصار، ١٤٠٠هـ/ ١٩٨٠م)، ج ٢، ص ١٤٤٢.

(٦١) بدر الدين محمد بن بهادر الزركشي، **البحر المحيط في أصول الفقه**، تحرير الشيخ عبد القادر عبد الله العاني، ٦ ج، ط ٣ (الكويت: وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، ٢٠١٠)، ج ٦، ص ١٠٩، ومحمد بن علي بن محمد الشوكاني، **إرشاد الفحول إلى تحقيق الحق من علم الأصول**، تحقيق أحمد عزو عناية، ٢ ج (بيروت: دار الكتاب العربي، ١٩٩٩)، ص ٢٧٣.

ـ وجود مزية في الدليل الراجح (المرجَّح به).

ـ أنْ لا يمكن العمل بِكُلّ واحد منهما.

ـ أنْ لا يعلم تأخر أحدهما.

ـ أنْ يتساوى الدليلان في الثبوت.

ـ أن يتساويان في القوة.

ـ اتفاق الدليليْن المتعارضيْن في الحُكْم مع اتحاد الوقت والمحلّ والجهة.

المحور الثالث: محلّ الترجيح: اختلف الأصوليون في المساحة التي تمتد عليها معالجات الترجيح حيث حضور التعارض، بين إطلاق للمنع أو الجواز، ومجيز وفق محددات. ولما كان محل التعارض عند أكثر الأصوليين هو الدليلين الظنيين، كان محلّ الترجيح منصبّاً على الأدلة الظنية. وفي ذلك قال الإمام الغزّالي[٦٢]: الترجيح إنما يجري بَيْن ظنَّيْن؛ لأنّ الظنون تتفاوت في القوة، ولا يُتصور ذلك في معْلوميْن؛ إذ ليس بعض العلوم أقوى وأغلب مِن بعض.

ولكنّ هذا الأمر لم يمنع من بروز خلاف حول الأمور التي يقع فيها الترجيح من مسائل الشريعة، منها:

ـ القطعيات.

ـ العقليات.

ـ المذاهب.

ـ الشهادة.

وقد تأرجحت أقوال الأصوليين في هذا المقام بين ثلاثة مذاهب (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٨)).

(٦٢) أبو حامد محمد بن محمد الغزالي، **المستصفى من علم الأصول**، ٢ ج (القاهرة: المكتبة التجارية، ١٩٣٧)، ص ٣٧٥.

الجدول الرقم (٣ ـ ٨)

الاختلاف في وقوع الترجيح

محور الترجيح	المذاهب في وقوع الترجيح		
القطعيات	عدم جواز الترجيح	جواز الترجيح	.
العقليات	عدم جواز الترجيح	جواز الترجيح	عدم جواز ترجيح القطعي
المذاهب	عدم جواز الترجيح	جواز الترجيح	.
الشهادة	عدم جواز الترجيح	جواز الترجيح	.

بعدئذٍ، تبرز أمامنا مباحث حكم الترجيح وتعارض وجوهه، حيث نجد الكثير من المعالجات الأصولية لهذه المسألة، التي سنحاول أن ننتخب من مواردها ما يتناسب مع معالجاتنا المحوسبة.

وللأصوليين في هذه المسألة قولان: **الأول**؛ وجوب الترجيح بين الأدلة المتعارضة؛ و**الثاني**، منع الترجيح مطلقاً بين الأدلة المتعارضة.

أما أقسام الترجيح بين الأدلة المتعارضة فتنقسم إلى **ثلاثة** أقسام: (١) الترجيح بين دليلين منقولين. (٢) الترجيح بين دليلين معقولين متعارضين. (٣) الترجيح بين دليلين متعارضين أحدهما منقول والآخر معقول.

وقد أولى الأصوليون اهتماماً كبيراً بمسألة الترجيح بين الأدلة المنقولة، نظراً إلى ما يتسم به علم الحديث من تفريعات تعتمد إلى حد كبير على دور المحدّث، وخصائص الإسناد، ومحتوى المتن في ترسيخ أرجحية الحديث ووفق مبادئ يسودها المنطق الحديثي الراسخ (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ٩)).

لذا سيكون مدار اهتمامنا بأقسام الترجيح بين دليلين منقولين عن رسول الله (ﷺ). بدايةً، ويمكننا القول إن الترجيح بين الدليلين المنقولين ينقسم إلى **أربعة** أقسام:

الأول: الترجيح بحسب تماسك طريق السند، وتعدد طرقه، وعدالة وضبط رواته.

الثاني: الترجيح بمنطوق المتن ومضمونه، وتوافقه مع المتون المنقولة في بابه.

الثالث: الترجيح بمدلول اللفظ.

الرابع: الترجيح بأمر خارجي.

الجدول الرقم (٣ ـ ٩)

تفاصيل المتغيرات المعتمدة في عملية الترجيح بين دليلين منقولين

المحور	المتغيرات التي تعتمد في الترجيح
السند	كثرة الرواة، علو الاسناد، علم الراوي، عدالة الراوي وورعه، ذكاء الراوي وضبطه، شهرة الراوي، أكابر الصحابة، تقدّم الإسلام، التحمّل في حالة البلوغ، كثرة مزكي الراوي، الراوي هو صاحب القصة، ثبوت المشافهة بما سمع.
منطوق المتن	الخصوص، العموم الذي لم يخصص، العام المطلق قبالة العام الوارد على سبب، العام الذي لزمه التخصيص، الخاص من وجه، الأقل تخصيصاً، المقيد، النهي على الأمر، الأمر على الاباحة، النهي على الإباحة، الحظر على الندب، الندب على الإباحة، الاخبار.
مدلول اللفظ	المنطوق، اللفظ الفصيح، مفهوم الموافقة، ما يجمع النطق والدليل، ما يتوقف عليه ضرورة صدق المتكلم، دلالة الاقتضاء، دلالة المطابقة، النص على الظاهر، المفسّر على النص، المحكم على المفسّر، الدال على المراد من وجهين، ما اشتمل على زيادة أو ألفاظ مغايرة، الحقيقة على المجاز، الصريح على الكناية، الناقل على البراءة الأصلية، المثبت على النافي، الحكم الواضح.
أمر خارجي	كثرة الأدلة، موافقة دليل آخر، العمل بالدليل (عمل أهل المدينة/ عمل الخلفاء الأربعة/ عمل أو قول الشيخين/ ما وافق أقضية الصحابة/ ما وافق عمل أهل السلف)، استبعاد النقص عن الصحابة.

وإذا حاولنا معالجة الترجيح باعتبار السند فسيكون لدينا ثلاثة أمور تعتمد في عملية الترجيح باعتبار الراوي، والرواية، والمروي عنه.

وقد اقترح أئمة الحديث والأصوليون عدة مؤشرات للترجيح عند اعتبار هذه الأمور الثلاثة (انظر الجدول الرقم (٣ ـ ١٠)).

الجدول الرقم (٣ ـ ١٠)

الأمور المعتبرة في الترجيح عند اعتبار السند

المحور	المتغيرات التي تعتمد في الترجيح
الراوي	بكثرة الرواة، أو بعلوّ الإسناد، أو بعلم الراوي، أو بعدالته وورعه، أو بذكائه وضبطه، أو بشهرته.
الرواية	المسند، أو المسند بالاتفاق، أو المسند إلى كتاب مِن كتب المحدّثين، أو مرسل التابعي والمتواتر، أو المسند عنعنةً، أو المسند إلى كتاب موثوق بصحّته، أو الأعلى سنداً.
المروّي عنه	الترجيح بالسماع على احتماله، أو بالسماع على السكوت، أو بالسماع على الكتاب، أو مِن غير حجاب، أو بَعْد إسلامه، أو بحضور الواقعة، أو بورود صيغة فيه، أو ما كان خطره أعظم، أو ما لا تعمّ به البلوى.

وهنا يظهر دور الأنموذج المضبّب في لملمة هذه المتغيرات مجتمعة في نسق مفاهيمي يمكن أن يمنح هذا النمط من الحوسبة بالكلمات لتكوين نظام منطقي تتألف مدخلاته من مجموعة متغيرات يمكن ان تستثمر عناصرها في إنتاج مخرج أو مجموعة مخرجات تدعنا في عملية الترجيح بين الأدلة المتعارضة.

وتظهر في الجدول الرقم (٣ ـ ١١) معمارية مدخلات ومخرجات الأنموذج المضبّب الذي يؤمل أن يؤدي جزءاً مهماً من عملية الترجيح بين الأدلة الشرعية، وذلك من طريق وصف مستويات الثقة بالقرارات التي سنتخذها بصدد كل حالة من حالات الترجيح المطروحة.

الجدول الرقم (٣ ـ ١١)

معمارية مدخلات الأنموذج المضبّب لعملية الترجيح ومخرجاته

المتغير	نوع المتغير	عدد الحالات
طريق السند	مدخل	١٣ حالة
منطوق المتن	مدخل	١٣ حالة
مدلول اللفظ	مدخل	١٧ حالة
حكم التعارض	مخرج	١ حالة (الحكم)

ويمكن استثمار أقوال أئمة الأصول ومذاهبهم في ترجيح مختلف أشكال مسائل الترجيح التي أودعوها في مصنفاتهم، وتلك التي توزعت في مختلف كتب العلوم الإسلامية، وتحويلها إلى مجموعة من القواعد التي ستغذّى للأنموذج تمهيداً لاستكمال مدخلاته، والبدء بالحصول على مخرجات تحدد مستوى القرار لكل حالة من حالات الترجيح، حيث سيمنحنا الأنموذج فرصة قياس مستوى الصدق لكل منها.

خاتمة

ربما تورث مطالعة عبارة المنطق المضبب (الكثير منا) تصور وجود تناقض في دلالة ألفاظ هذا المصطلح. فأرسطو الذي أنشأ اللبنات الأولى للمنطق الحدّي أورثنا قناعات راسخة بأن ثمة ارتباطاً راسخاً بين المنطق وكل ما هو قطعي الدلالة والرسوخ، لأن آلته تسعى إلى تعميم قواعدها الصارمة التي توجه الفكر البشري صوب الماهية الحقيقية التي لا يشوبها تشويش مفاهيمي.

ويشير اصطلاح المنطق المضبب إلى وجود نوع من العلاقة الوطيدة بين العبارة المنطقية (التي اتصفت منذ نشوء علم المنطق بصرامة وحدية) والتشويش والغموض الذي يكتنف المسائل التي يتعامل معها.

ولعل أحد العقبات التي ستشخص أمامنا (في هذه المعالجة)، تكمن في كيفية تبسيط مفردات الحوسبة الذكية التي تم توظيفها في المنطق المضبب بصيغ رياضية معقدة إلى عبارات مبسطة يسهل على أئمة علم الحديث تناولها والقبول بخطابها الرياضي المضبب. من أجل هذا، سنبذل ما في وسعنا لتبسيط المفاهيم، وسنسعى إلى التخفيف من صعوبة تضاريس مقولاتها وصيغها الرياضية الصرفة لكي نصل مجتمعين إلى قناعة موضوعية بمفردات، ومسائل المعالجة المعلوماتية التي سنطرحها على بساط البحث ضمن هذه الدراسة.

بصورة عامة، يمكننا القول إن المنطق المضبّب لا يزيد على كونه معالجة معرفية تسعى إلى سدّ الفجوة المقيمة بين عتبة الدقة المصاحبة للمنطق التقليدي بسمته الحدّية، وغياب الدقة السائدة في العالم الواقعي ومحاولات الكائن البشري لتفسير المظاهر التي تحيط بنا في كل مكان(٦٣).

(٦٣) Freksa, «Fuzzy Systems in AI».

بالمقابل، تكمن الخصائص الفريدة لهذا المنطق في قدرته على التعامل مع «المتغير اللغوي»، الذي بات يطلق عليه اصطلاح منهج الحوسبة بواسطة الكلمات، وهو ما أسهم في فتح الأبواب على مصاريعها أمام إنشاء نماذج رياضية، ومنطقية مبتكرة، لوصف الكثير من المسائل الشائكة في علومنا المعاصرة.

لقد وجدنا ثمة نقاطاً كثيرة للالتقاء بين المنطق المضبّب والمنطق الشرعي (في كثير من جوانبه المعرفية) الذي وظفه أئمة الفضاء المعرفي الإسلامي.

ولما كانت عملية أسلمة تقنية المعلومات لا تعني إيداع علومه ومصنفاته في الوسائط الرقمية، فحسب، بل توظيف النهج المعلوماتي لتفسير البيانات ومعالجتها بمنطق تسري قواعده على مساحة واسعة من مفردات هذا العلم، فنحن بحاجة ماسة إلى نماذج متكاملة تمتلك القدرة على معالجة الكم الهائل من المصنفات العلمية التي تركها جهابذة علماء المسلمين، واستثمار الخصوبة المعرفية التي تتميز بها لإنشاء أنساق مفاهيمية أكثر شمولًا يفتقر إليها الفكر الإسلامي المعاصر.

بيد أننا ـ بالمقابل ـ لا ننكر وجود ثغرات معرفية في عملنا بحاجة إلى جهد بحثي مستمر للارتقاء بمستوى هيكلة هذه النماذج و/أو بأدائها، أو الوصول بقراراته إلى مستوى مقبول من المقاربة بين الدقة والموضوعية في ظل ثوابت الخطاطة المعرفية لعلومنا الشرعية.

الفصل الرابع

تمرّن الشبكات العصبونية الاصطناعية على معالجة موارد الفكر الإسلامي

مقدمة

أثارت البنية الفريدة للشبكات العصبونية، وقدرتها الفائقة والسحرية على معالجة المدخلات القادمة من العالم الخارجي، ومهاراتها المتميزة في تقطير المعرفة من زحام المثيرات المحيطة بالكائن البشري من كل جانب، اهتمام الكثير من العاملين في ميادين المعلوماتية، وحوسبة عمليات الإدراك. فأوحت لديهم فكرة إنشاء أنموذج محوسب يحاول محاكاة آلية عملها، لغرض استثمار قدراتها الفريدة في معالجة معطيات الواقع، وبنسق مبتكر يتجاوز التقنيات التقليدية، ويسهم في حلّ الكثير من المسائل المطروحة على ساحة التطبيقات الميدانية.

تهتم «الحوسبة العصبونية» (Neurocomputing) بمعالجة المعلومات من خلال توظيف «عملية التعلّم» (Learning Process) عبر الشبكة العصبونية الاصطناعية بدلاً من استخدام نهج البرمجة التقليدي. وترتكز آلية عمل الشبكة العصبونية الاصطناعية (Artificial Neural Networks) على معمارية رياضية تعمد إلى «الاستجابة المتكيفة» (Adaptively Respond) مع المدخلات. وتمارس هذه الآليات وفقاً لقواعد التعلّم التي تمليها طبيعة النظام[1]، حيث تستكمل الشبكة عملية التعلّم التي تحتاج إليها بعد أن تمارس سلسلة مستمرة من عمليات التدريب، لكي تصبح مؤهلة لممارسة المهام التي ينهض بها التطبيق وتنفيذ مهماته على حالات مماثلة[2].

وسنسعى في هذا الفصل إلى توظيف قدرات أنموذج الشبكة العصبونية، وتكييف مهاراته للتعامل مع مسائل انبثقت داخل حدود فضاء الفكر الإسلامي، مع بيان طبيعة المحددات التي قد تقف أمام بعض هذه التطبيقات.

(١) O. Lobunets, «Introduction to Neural Networks Theory and Applications,» Lecture Notes (2004).

(٢) Fredric M. Ham and Ivica Kostanic, *Principles of Neurocomputing for Science and Engineering* (New York: McGraw-Hill, 2001).

أولاً: مدخل إلى فهم مكونات وآلية عمل الشبكات العصبونية الحية

يعدّ «العصبون» (Neuron)[3] الوحدة الرئيسة التي يتألف منها الجهاز العصبي لدى الإنسان، وبالخصوص في منطقة الدماغ. وسنصاب بدهشة كبيرة عند قيامنا بمعاينة بنيته البالغة الدقة والصغر، لشدة تعقيدها وتشابك عناصر هذه الوحدة، التي تمارس جملة من العمليات الإحيائية، إضافة إلى معالجة الموجات الكهربائية التي يعجّ بها النسيج العصبوني الذي يشكل لبنة من لبناته غير المتناهية.

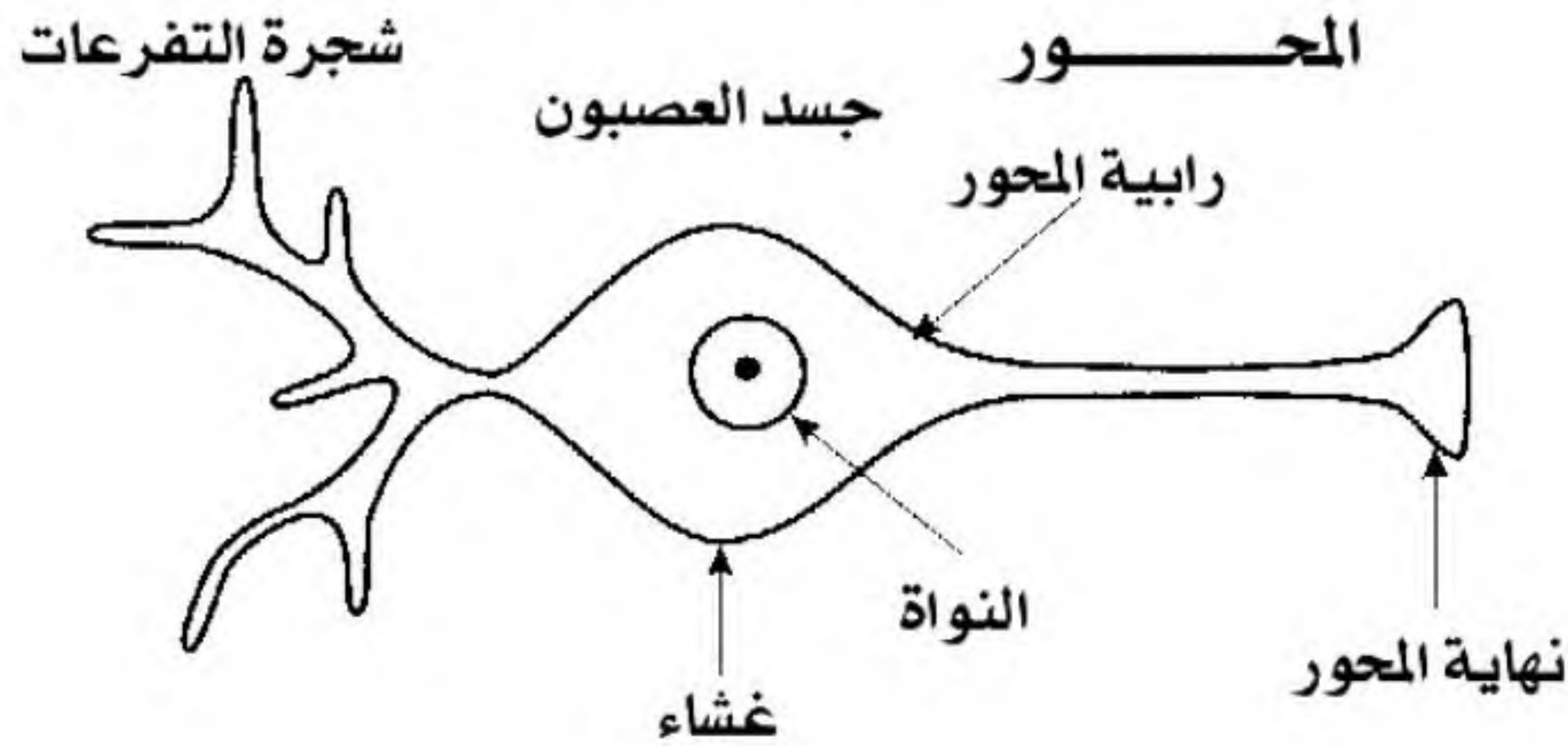
وإذا حاولنا أن نبالغ في تبسيط وصف تركيب العصبون، فسيبدو أمامنا بأنه عبارة عن وحدة أولية للمعالجة تقوم باستلام، وربط الموجات المستلمة من العصبونات المجاورة، من خلال شبكة متفرعة من المسارات الدقيقة التي يطلق عليها اصطلاح «التفرعات العصبونية» (Dendrites). (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ١)).

تشكل التفرعات العصبونية مجموعة من الحزم المعقدة «أشجار التفرعات» (Dendrite Trees) التي تمتلك مساحة سطحية واسعة تفوق التصور. وترتبط أشجار التفرعات بجسم الخلية العصبية الذي يطلق عليه اصطلاح «الجسد» (Soma).

ويمتلك الجسد شكلاً «هرمياً» (Pyramidal) أو «أسطوانياً» (Cylindrical)[4].

الشكل الرقم (٤ ـ ١)

رسم تخطيطي للعصبون



---

(٣) العصبون كلمة يونانية استخدمت للإشارة إلى الخلية العصبية.

(٤) Stamatios V. Kartalopoulos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concept and Applications* (New York: Wiley- IEEE Press, 1996).

ويشكل الغشاء الذي يغلف العصبون «Membrane» التخوم الخارجية للخلية العصبية، أما داخل الخلية فيمتلئ بـ «السائل الخلوي الداخلي» (Intercellular Fluid)، بينما يحتوي الجزء الخارجي منها على «السائل الخلوي الإضافي» (Extracellular Fluid).

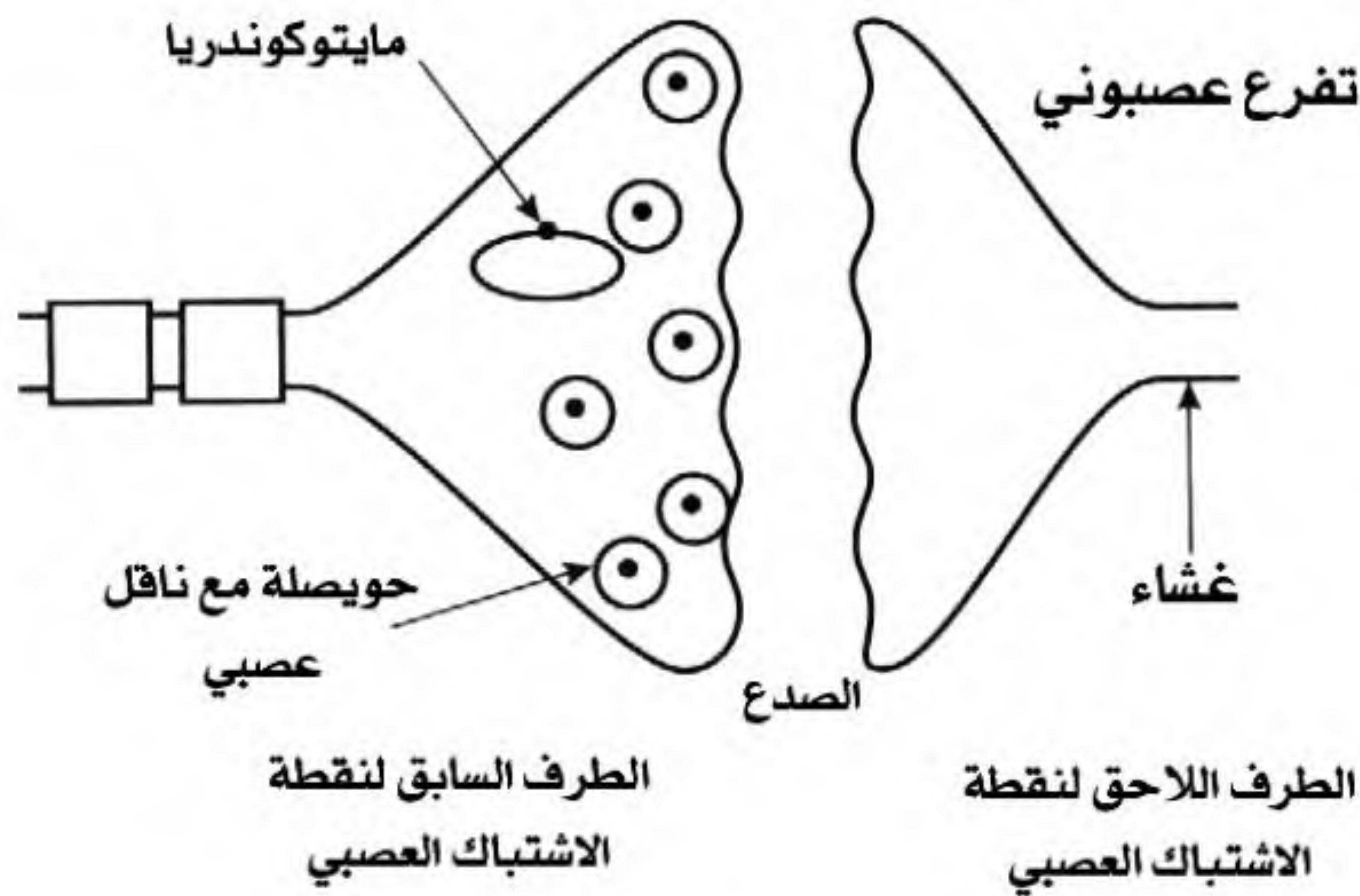
يلعب غشاء العصبون، والمواد الموجودة في داخله، وخارجه، دوراً بارزاً في ديمومة بقائه، وتسيير دقة العمليات السائدة فيه. وعندما تتجاوز عملية إثارة العصبون مستوى «العتبة» (Threshold) يباشر عملية «الاتقاد» (Firing) من خلال إطلاق الفعل الكامن؛ الذي هو عبارة عن إشارة كهربائية تسري عبر مسار يطلق عليه «المحور العصبي» (Axon).

ويلتقي المحور العصبي مع جسد الخلية العصبية عند «رابية المحور» (Axon Hillock). وينتهي المحور بشجرة من المسارات الدقيقة يطلق عليها «النهايات المحورية» (Axonic Endings) التي ترتبط بدورها مع تفرعات الخلايا العصبونية المجاورة.

يطلق على منطقة الاتصال بين محور العصبون، وبقية التفرعات العصبية اصطلاح «نقطة الاشتباك العصبي» (Synapse). وتتألف هذه المنطقة من «الطرف السابق» لنقطة الاشتباك العصبي (Presynaptic Terminal)، وتعرف أيضاً بعقدة الاشتباك العصبي «الصدع» (Cleft)، و«الطرف اللاحق» لنقطة الاشتباك العصبي (Postsynaptic Terminal) (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ٢)).

الشكل الرقم (٤ ـ ٢)

تفاصيل الاشتباك العصبي للخلية العصبية



يحتوي العصبون الواحد من ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ نقطة اشتباك عصبي، وقد ترتبط هذه النقاط بنحو ١٠٠٠ عصبون آخر. ولا تتم عملية استثارة جميع نقاط الاشتباك العصبي في آن واحد. ونتيجة لقيام النمط الحسي المستلم من خلال نقطة الاشتباك العصبي باستثارة جزء محدود من المواقع، ستكون هناك فرصة سانحة لوصول عدد هائل من الأنماط عند العصبون دون أن تحدث تأثيراً ملموساً في السعة الاستيعابية التي يتمتع بها(٥).

وعندما يصل الفعل الكامن إلى النهاية المحورية، ينطلق «الساعي الكيميائي» (Chemical Messenger) الذي يعرف بـ «الناقل العصبي» (Neurotransmitter)، حيث يتم اختزانه في «الحويصلة» (Vesicle) التي تكون مسؤولة عن عملية نقل المعلومات بين العصبونات. وعندما يتم إفراز الناقل العصبي، يتدفق عبر وصلة نقطة الاشتباك العصبي، فيباشر عملية إزالة الاستقطاب من غشاء الطرف اللاحق لنقطة الاشتباك العصبي. وتتم عملية التشفير في نقطة الاشتباك العصبي بواسطة عمليتي «التجميع المؤقت» (Temporal Summation) و«التجميع المتحيز» (Spatial Summation).

ففي التجميع المؤقت يتم إضافة الشحنة الكامنة لكل نبضة، إلى مجموع الشحنات الكامنة للشحنات التي سبقتها. أما في التجميع المتحيز، فتظهر بوضوح عملية تكامل عمليات الاستثارة، أو الكف، بواسطة جميع العصبونات عند العصبون المستهدف.

ويتم تشفير جميع نتائج التجميع المؤقت، والمتحيز، عندما تباشر النبضة العصبية بالانتقال إلى خلية أخرى. وتبدأ عملية تجميع كل الإشارات في جسم العصبون، وعندما تبلغ قيمة سعتها مستوى عتبة تحفيز العصبون، تبدأ عملية الاتقاد، فتصدر منها مخرجات تنتقل كإشارات عبر المحور العصبي، أو نهاياته(٦).

يقدر العلماء (في ميدان علم الخلية العصبية) وجود نحو ١٠٠ مليار خلية عصبونية في القشرة الدماغية. وقد تمتلك الخلية العصبونية الواحدة أكثر من ١٠٠٠ تفرع عصبوني، أي يوجد نحو ١٠٠,٠٠٠ مليار نقطة اشتباك عصبي! (انظر الجدول الرقم (٤ ـ ١)).

---

(٥) Robert J. Shalkoff, *Artificial Neural Networks* (New York: McGraw-Hill, 1997).

(٦) Kartalopoulos, Ibid.

الجدول الرقم (٤ ـ ١)

بعض خصائص القشرة الدماغية للكائن البشري

عدد الخلايا العصبونية	١٠٠ مليار
عدد التفرعات العصبونية/ خلية	١٠٠٠
العدد الكلي للتفرعات العصبونية	١٠٠ ألف مليار
عدد العمليات/ عصبون	١٠٠
العدد الكلي للعمليات الدماغية	١٠ آلاف تريليون/ ثانية
كثافة العصبونات	٤٠ ألف/ ملم^{٣}
طول التفرع العصبوني	١ سم
مسافة عملية الاتقاد على التفرع	١٠ سم
فترة الفعل الكامن على العصبون	٣ بالألف من الثانية

ثانياً: الأسس المفاهيمية للشبكة العصبونية الاصطناعية

تعالج الشبكات العصبونية الاصطناعية، في ظل علوم الذكاء الاصطناعي، بوصفها نظم معالجة للمعلومات ترتكز أرضيتها المفاهيمية على المعرفة المتراكمة عن عمليات الإدراك، والبنى التنظيمية للنظم العصبونية الحية[٧]. وقد تم توظيف الآليات السائدة في الدماغ البشري، ومحاكاة الأنساق المحوسبة السائدة في العصبونات الحية، في إرساء هيكلة الأنموذج الرياضي للشبكة العصبونية الاصطناعية، فأضحت أداة فاعلة في الحقول التطبيقية للذكاء الاصطناعي، والتعلّم، وتحليل البيانات.

(٧) Yochanan Shachmurove, «Applying Artificial Neural Networks to Business, Economics and Finance,» Department of Economics, The City College of the City University of New York and, The University of Pennsylvania (2003).

لقد توسعت دائرة تطبيقات هذه الشبكات بميدان تحليل البيانات، فاستخدمت في دراسة أنماط الخطاب(٨)؛ وتحديد هوية المؤلفين(٩)؛ وطبقت على نماذج للمقارنة بين المعالجات المفاهيمية للمدارس الفكرية(١٠).

وقد تعمق استخدام الشبكات العصبونية الاصطناعية، فظهرت عدة استخدامات لها في ميدان تحليل العلاقات القائمة بين الظواهر التي تسود الخطاب المطروح على شبكة الإنترنت؛ وإعداد نماذج التنبؤ؛ وتوليد السلاسل الزمنية؛ وإعداد دراسة الأمثلية لجملة من الحالات التطبيقية(١١).

وتعرّف الشبكة العصبونية الاصطناعية بأنها عبارة عن هيكلة معمارية تتألف من عدد من الوحدات العصبونية المرتبطة فيما بينها. وتمتلك كل وحدة من وحداتها خصائص محددة للمدخلات والمخرجات (*I/O*) التي تمارس عليها مجموعة من عمليات الحوسبة العصبية(١٢). ويتحدد مخرج كل وحدة من وحداتها بخصائصها الذاتية، وهيكلة ارتباطها ببقية العصبونات المجاورة لها، وطبيعة مخرجاتها(١٣).

بصورة عامة، يتم التعامل مع الشبكة العصبونية الاصطناعية على أساس كونها أنموذجاً لاخطّياً تتحدد خصائصه الذاتية في ضوء جملة من المتغيرات التي تشمل: عدد العصبونات؛ وطوبولوجيا مكوناتها من الطبقات العصبونية؛ ودوالّ التنشيط؛ وقيم أوزان نقاط الاشتباك؛ ومستوى العتبة الذي يوجه فاعليتها.

ويمكن تقسيم الخصائص الوظيفية للشبكات العصبونية الاصطناعية إلى محورين أساسيين:

---

(٨) Wilpen L. Gorr, Daniel Nagin and Janusz Szczypula, «Comparative Study of Artificial Neural Network and Statistical Models for Predicting Student Grade Point Averages,» *International Journal of Forecasting*, vol. 10, no. 1 (June 1994), pp. 17-34.

(٩) Wayne H. Joerding, Ying Li and Douglas L. Young, «Feed-forward Neural Network Estimation of a Crop Yield Response Function,» *Journal of Agricultural and Applied Economics*, vol. 26, no. 1 (July 1994), pp. 252-263.

(١٠) Chanda Ghose Dasgupta, Gary Sanjoy Dispensa and S. Ghose, «Comparing the Predictive Performance of a Neural Network Model with Some Traditional Market Response Models,» *International Journal of Forecasting*, vol. 10, no. 2 (September 1994), pp. 235-244.

(١١) Shachmurove, «Applying Artificial Neural Networks to Business, Economics and Finance».

(١٢) John Q. Gan, «Problem Solving Using Neural Networks: A Tutorial,» University of Essex (2003).

(١٣) Shalkoff, *Artificial Neural Networks*.

المحور الأول: معمارية الشبكة (Network Architecture).

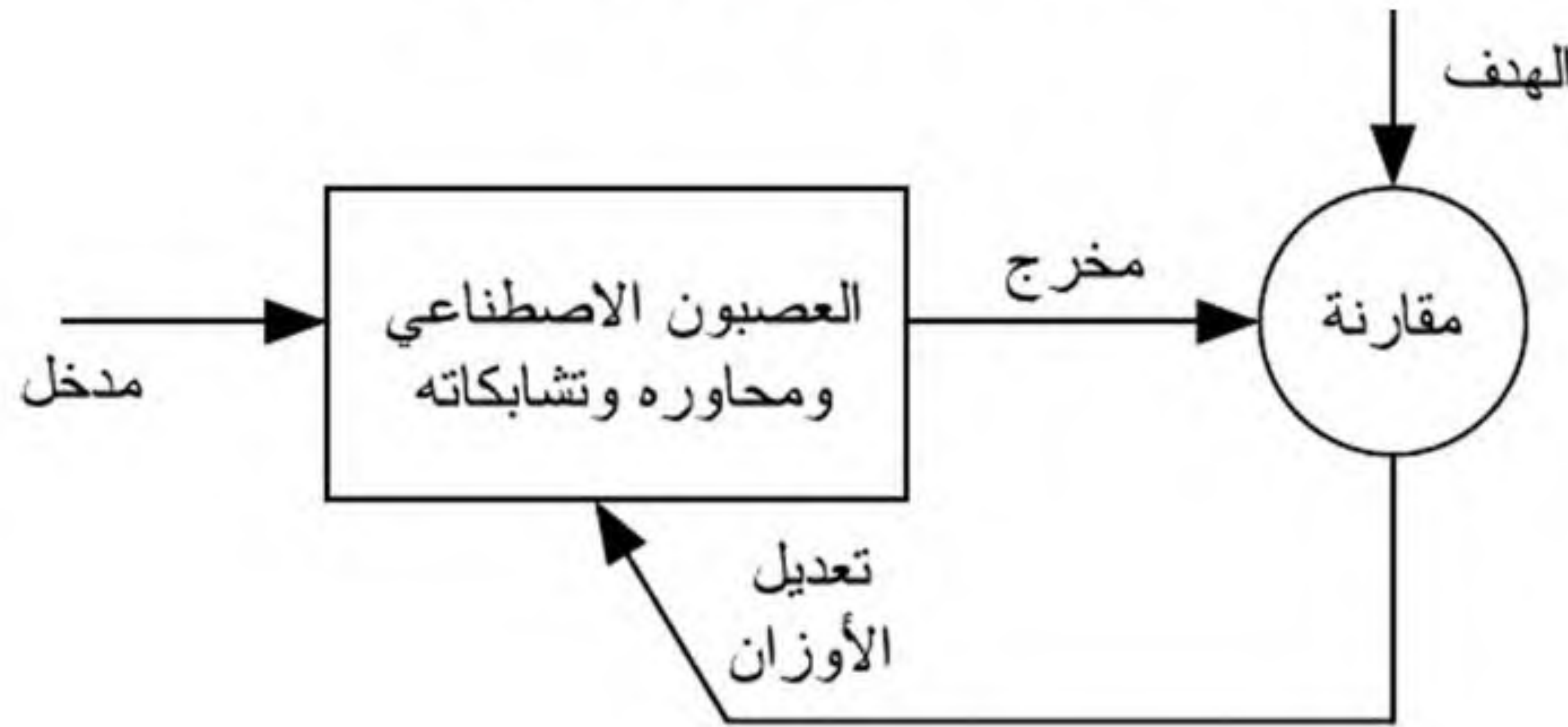
المحور الثاني: الخصائص الوظيفية للشبكة (Functional Properties).

وتحدد معمارية الشبكات العصبونية الاصطناعية البنية التي تتألف منها مكونات الشبكة، أي، عدد العصبونات الموجودة في الشبكة، ونمط الارتباط القائم في ما بينها. وتتألف معمارية الشبكات العصبونية الاصطناعية من مجموعة من العصبونات أو عناصر المعالجة، التي تمتلك خصائص محددة، مثل: المدخلات، وشدة الاشتباك العصبي، وماهية التنشيط، والمخرجات، وأخيراً «النزعة الموجهة» (Bias).

من جهة أخرى، تسهم الخصائص الوظيفية للشبكة بتعريف ماهية الشبكة، أي، كيفية تعلّم الشبكة، وقدرتها على الاستذكار، وطبيعة الترافق الذي تقيمه فيما بين عناصرها الأولية، والقدرة على المقارنة المستمرة بين المعلومات الجديدة، والمعرفة المتراكمة فيها، وتبويب المعلومات المستحدثة، أو قدرتها على استحداث أنماط جديدة للتبويب إن ظهرت الحاجة إلى ذلك(١٤).

الشكل الرقم (٤ ـ ٣)

الآلية المبسطة لعمل العصبون



تعالج الشبكات العصبونية الاصطناعية البيانات بأسلوب يختلف عن «الخوارزميات المتعاقبة» (Sequential Algorithms) حيث تباشر عملية «التحليل المتوازي» (Parallel Decomposition) على نظم البيانات المعقدة، لتحويلها إلى وحدات بسيطة يسهل التعامل معها.

---

(١٤) Kartalopoulos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concept and Applications*.

وعلى هذا الأساس، يتم تحليل مكونات النظام الذي نتعامل معه إلى وحدات جزيئية رقمية، لكي تستطيع العصبونات الاصطناعية تناولها بالمعالجة والتحليل ضمن أنموذجها الرياضي، ثم تعاود عملية تجميع الوحدات الدقيقة لكي يعاود النظام حالته قبيل المعالجة التحليلية.

وتتألف آلية المعالجة العصبونية من مرحلة استلام المثير الكهربائي القادم من عصبون مجاور، حيث تباشر عليه عملية التضخيم، أو إزالته، عبر نقطة الاشتباك العصبي بعد أن تتم عملية التجميع. فإذا كان مجموع جميع المنبهات القادمة أكبر من مستوى العتبة لمقاومة العصبون (الذي يجهزه جسم الخلية) يبدأ بعدها العصبون بعملية الاتقاد منتجاً منبهاً جديداً، يعبر من خلال المحور العصبي باتجاه عصبون آخر، لكي يكرر العملية ذاتها بنسق مقارب[١٥].

وتستخدم وصلات التشابك العصبي لنقل الرسائل من عصبون إلى آخر. وتتغير قوة هذه الوصلات من وقت إلى آخر، حيث يستثمر العصبون موارد هذه القوة في عمليات خزن البيانات، وتعلّم أنماط محددة، عبر تقوية رابطاتها الداخلية.

ويسهم الصوغ الرياضي لـ «عملية الاشتباك» (Synaptic Process) في توفير أرضية نظرية، ترتكز عليها الشبكات العصبونية الاصطناعية، عند إجراء حساباتها المختلفة.

وقد تتألف الشبكة العصبونية من طبقة واحدة، أو طبقات متعددة (تعد مجاميع ثانوية من عناصر المعالجة). وتقوم طبقة المعالجة العصبونية بعمليات «حوسبة مستقلة» (Independent Computation) على البيانات التي تستلمها، لكي تقوم بتمريرها إلى الطبقة التالية. وتقوم الطبقة التالية، بدورها، بعمليات حوسبة جديدة، وإعادة تمرير نواتجها إلى الطبقة التي تليها، أيضاً. وأخيراً تقوم مجموعة ثانوية قد تتألف من عنصر حوسبة منفرد، أو مجموعة من العناصر بتحديد قيمة المخرج الناتج عن الشبكة العصبونية.

تعد الطبقة الأولى، «طبقة إدخال» (Input Layer)، بينما يطلق على الطبقة الأخيرة «طبقة إخراج» (Output Layer). أما الطبقات العصبونية التي تقع بين هاتين الطبقتين فيطلق عليها «الطبقات المخفية» (Hidden Layers).

---

(١٥) Henry Gleitman, *Psychology* (New York: W.W. Norton and Company, 1991).

وفي بعض الأحيان، تستخدم دالّة «مستوى العتبة» (Threshold Function)، لغرض تقييد، وتحديد مخرج العصبون في طبقة الإخراج.

يمارس كل عصبون مهمة التجميع الموزون للمدخلات الواردة إليه، وبصورة متوازية مع أقرانه الذين يشتركون معه في الطبقة نفسها. فإذا تجاوزت قيمة المجموع مستوى العتبة، يباشر العصبون فاعلية محددة، بعد بدء عملية تنشيطه، ويشرع بنقل إشارة إلى عصبون مجاور، بحيث تكافئ الإشارة مستوى تنشيطه. وبعكس ذلك يبقى بحالة مستقرة، ولا يمارس أي عملية نقل للإشارات.

والأنموذج العصبوني (شأنه شأن بقية النماذج المستخدمة في مجال صوغ النماذج الرياضية المستخدم في تحليل أنساق البيانات، والتنبؤ بحالات جديدة) لا يكاد يسلم من سهام النقد التي تحاول أن تقلل من أهميته، ومن أصوات تحاول الوقوف معه ودعم استخداماته على أرض الواقع.

ويظهر في الجدول الرقم (٤ ـ ٢) أهم الميزات الإيجابية التي يمتاز بها هذا النمط من النماذج، وأهم النقاط التي توجهت إليها سهام نقاده.

الجدول الرقم (٤ ـ ٢)

الشبكات العصبونية الاصطناعية بين كفتي المحاسن والمساوئ

محاسن استخدام الشبكات العصبونية	مساوئ استخدام الشبكات العصبونية
دقة عالية تتجلى في قدرتها على تبسيط النظم المعقدة اللاخطّية، مع توفير مناخ مناسب للتعامل معها، بالإضافة على قدرتها على التعامل مع البيانات بصورة متوازية.	غياب الشفافية عن ساحة تعاملها بسبب اعتمادها مبدأ «الصندوق الأسود» في التعامل مع الظواهر التي تتناولها.
تتسم بمرونة عالية نتيجة قدرتها على التعامل مع وجود عنصر التشويش في البيانات، أو وجود نقص في البيانات.	تعتمد عملية اختيار عقد الطبقات المخفية، ومعاملات التدريب بواسطة آلية البحث الموجه، التي تفتقر إلى خطوط واضحة المعالم في صياغة محدداتها.
تستقل عن حالة تبني فرضيات مسبقة عند مباشرة عملية تحليل البيانات، وعدم وجود حاجة إلى تحديد أنماط الترابطات المقيمة بين متغيراتها.	تتطلب عملية حساب أوزان الشبكة حجماً كبيراً من البيانات، وهو ما يتطلب استخدام أدوات حوسبة غاشمة.

يتبع

تابع

يمكن تحديث بناءها بمعلومات جديدة، وهو ما يكسبها القدرة على التكيف بالتعامل مع البيئات الجديدة.	ينشأ عن استخدام عدد كبير من الأوزان ببناء الشبكة، ودون وجود محددات واضحة، غياب قدرة الشبكة على التعميم.
تتغلب على ظاهرة المحددات التي تقف أمام الطرق الإحصائية التقليدية.	عدم وجود قواعد بيّنة لاختيار البنية المثلى للخوارزميات السائدة في الشبكة.
يمكن تطبيق استخداماتها في بيئة مميكنة، وهو ما يقلل من الجهد البشري المصاحب لعملها.	تفتقر إلى الخصائص الإحصائية التقليدية، وعدم القدرة على تبني آليات مثل التأكد من صحة الفرضية واختبارها.

إن أحد موارد النقد الجوهرية الموجهة صوب الشبكات العصبونية الاصطناعية، تركز على صعوبة فهم طبيعة النماذج التي تنتج من تطبيق آلياتها على البيانات التي تقوم بمعالجتها. وتكمن الصعوبة المصاحبة لتبنّي هذه الشبكة أسلوب «الصندوق الأسود» (Black Box)، الذي لا يكلف نفسه بمسألة تحليل مكوّنات الأنموذج المستخدم، بقدر حرصه على الحصول على نتائج تقارب القيم المستهدفة. وهذا يعني غياب إمكانية استخلاص القواعد الحاكمة التي أسهمت في تصنيف البيانات، أو التنبؤ بالقيم المطلوبة، من دون النظر إليها بوصفها نتيجةً لسلسلة من المعالجات الرياضية، التي لا يعنينا من أمرها سوى النتيجة النهائية فحسب.

يضاف إلى ذلك ارتباط حساسية الأنموذج العصبوني بطبيعة أنماط البيانات المدخلة، فينجم عن ذلك الحصول على نتائج متباينة، عند تغيير أسلوب تمثيلها. وعليه تبرز حاجة دائمة إلى معالجة البيانات، وتهيئتها قبل تطبيق آليات الأنموذج العصبوني عليها.

لا يمكن أن نعدّ نقاط الضعف المقيمة في هذا الأنموذج المستحدث عقبة تقف أمام استخداماتها المتشعبة، لأن جلّ النماذج الرياضية والمنطقية المستخدمة في معالجة البيانات، والتنبؤ بتغيراتها تعاني عقبات مماثلة. ولكن يمكن أن نعدّ مثل هذه المسائل محددات تؤشر نحو بعض القطاعات التي لا تمتد عليها سلطة هذا الأنموذج، أو تتدنى دقته عند محاولة التنبؤ بحالات مقاربة.

ثالثاً: الأنموذج الرياضي المبسط للعصبون

يطلق على الوحدة البنائية الأساسية للشبكة العصبونية الاصطناعية اصطلاح «العصبون الاصطناعي» (Artificial Neuron) الذي يتألف من مجموعة مدخلات (Inputs) يرمز لها بالمتغير x_j حيث يراوح عدد إشاراتها الواردة إلى العصبون بين $j = 1,..,n$.(١٦)

ويوزن كل مدخل من هذه المدخلات قبل وصوله إلى جسم وحدة المعالجة بواسطة «شدة الارتباط» (Connection Strength) أو «معامل الوزن» (Weight Factor) ـ أي يتم ضرب قيمة x_j بقيمة الوزن w_j ـ. إضافة إلى ذلك يمتلك المدخل نزعة موجهة يرمز إليها بالرمز w_0، وقيمة لمستوى العتبة Θ التي ينبغي للمدخل وصولها، أو تجاوزها لكي ينتج العصبون الإشارة المقابلة، التي تكون عبارة عن الدالّة غير الخطية F. وتمارس هذه الدالّة مهمتها على الإشارة الناتجة (يطلق عليها «التنشيط» (Activation)) ويرمز إليها بالرمز R.

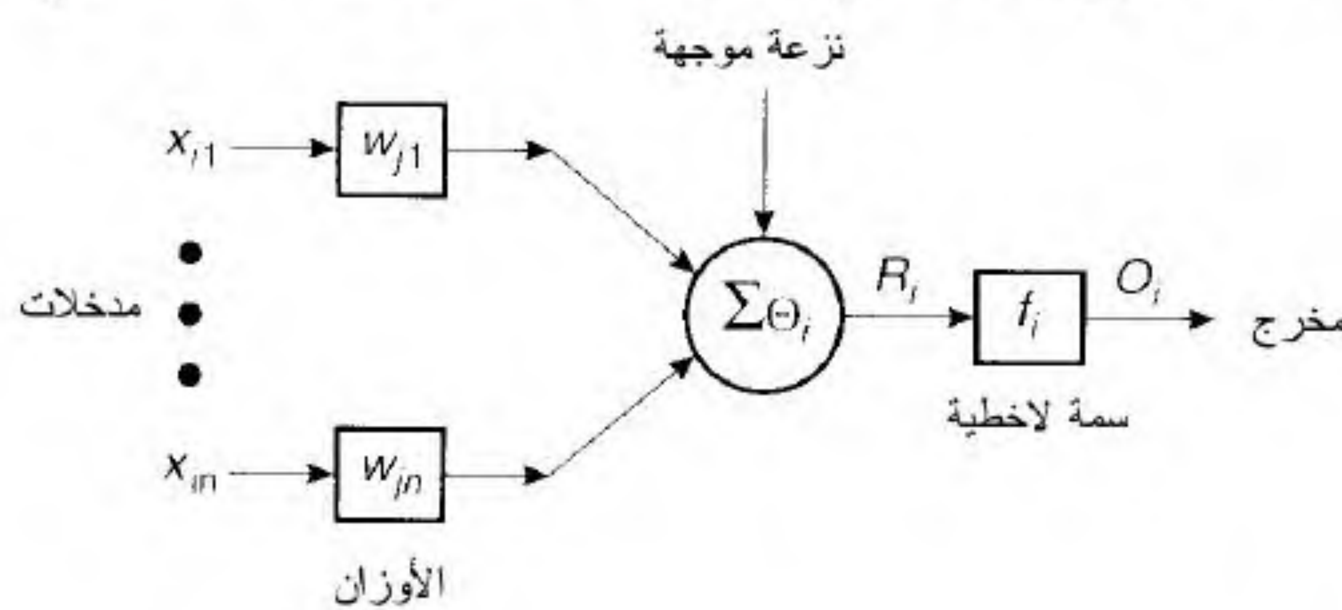
وينشأ من تأثير الدالّة غير الخطية في المدخلات، مخرج يرمز إليه بالرمز O الذي يصبح مدخلاً جديداً لعصبون مجاور.

عندما يكون العصبون جزءاً من شبكة عصبونية، تتألف من مجموعة عصبونات، يطلق عليه اصطلاح «عقدة» (Node). وعندما يضم نسيج الشبكة العصبونية عدد m من العصبونات تظهر الحاجة إلى استخدام رمز دليلي فيصبح رمز العصبون المنفرد m_i.

يظهر في الشكل الرقم (٤ ـ ٤) الأنموذج المبسط للعصبون، بمدخلاته، وإشارات تنشيطه، والمخرج، والتنشيط، والنزعة الموجهة مترابطة في ما بينها ضمن الهيكلة الرياضية المستخدمة لوصفها.

الشكل الرقم (٤ ـ ٤)

الأنموذج الرياضي المبسط لعصبون اصطناعي



توصف «دالّة التحويل» (Transfer Function) لهذا الأنموذج بالمعادلة الآتية:

---

(١٦) Jure Zupan, «Introduction to Artificial Neural Network (ANN) Methods: What They Are and How to Use Them,» *Acta Chimica Slovenica*, vol. 41, no. 3 (1994), pp. 327-352.

$$O_i = F_i\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_{ij}\right) \quad \text{.................................} \quad (١)$$

أما شرط عملية اتقاد العصبون فيتم تمثيله كما يأتي:

$$\sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_{ij} \geq \Theta_i$$

ويرمز الدليل i إلى وصف العصبون داخل نسيج الشبكة العصبونية، بينما يرمز الدليل j إلى المدخلات القادمة من عصبونات أخرى.

وتكمن أهمية الدالّة غير الخطية في قدرتها على ضمان كبح استجابة العصبون، أي تحديد استجابته الفعلية، أو تثبيطها كنتيجة لأنشطة المنبهات الضئيلة أو العميقة بحيث يبقى تحت طائلة التحكم والسيطرة[١٧].

إن أهم أنواع سمات اللاخطّية السائدة في حقل العصبونات الاصطناعية يمكن أن تقع ضمن فئتين هما:

الفئة الأولى، حالة المحدد الصارم (Hard Limiter).

الفئة الثانية، الحالة الشبيهة بحرف S (Sigmoid).

تقوم دالّة المحدد الصارم بتحديد مخرج العصبون بحيث تكون مساوية٠ عندما تكون حصيلة مدخل الشبكة أقل من ٠. أما إذا كانت قيمة الحصيلة أكبر من صفر أو تساوي صفراً فتكون قيمة مخرج العصبون مساوية لواحد.

أما في حالة الدالّة الشبيهة بالحرف S فإنها تستقبل المنبه الذي تتراوح قيمته بين $-\infty$ و ∞ فتقوم بتقليل قيمتها بحيث تتراوح بين ٠ و١.

ويلاحظ من الأشكال المبينة في الشكل الرقم ((٤ ـ ٥)) أن سمة اللاخطّية قد تحددت بين قيمتين عليا و/أو دنيا، مثل $\pm 1, \pm\frac{1}{2}$. ويمارس المستخدم عملية اختيار القيم المحددة عندما يتعامل مع الشبكات العصبونية لحل المسائل التي يريدها. وتمتاز الفئة الشبيهة بحرف S بكثرة شيوع استخدامها، نظراً إلى السمة المطردة التي تمتاز بها، وامتلاكها للمشتقة البسيطة:

(١٧) Lobunets, «Introduction to Neural Networks Theory and Applications».

$$f'(s) = kf\ (s)[1 - f(s)]$$

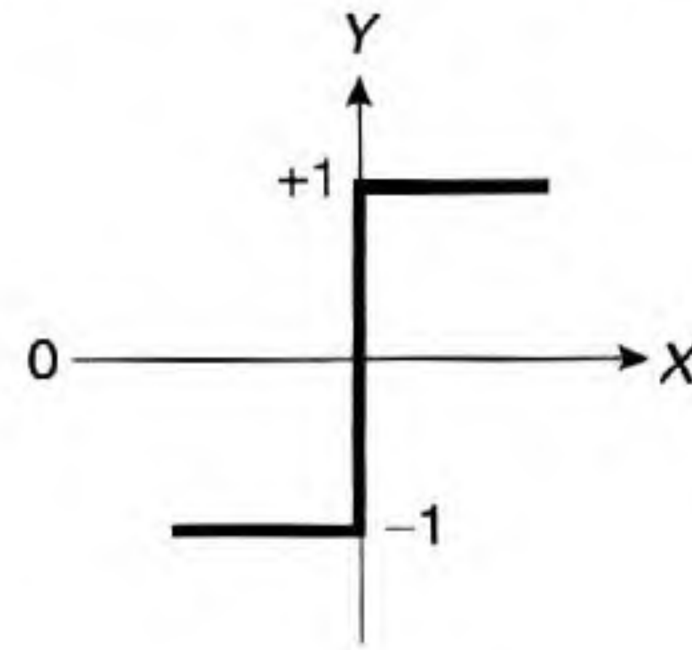
أما المحددات الصارمة فلا تتسم بسمة الاطراد (لاحتوائها على نقطة انقطاع في نقطة الأصل)، إضافة إلى كونها تمتاز بسمة ثابتة ضمن حدودها الدنيا والعليا.

وعليه ما دام العصبون يعمل ضمن الحدود التي رسمت له، تبقى *f(s)* قيمة مشتقة ثابتة، أي:

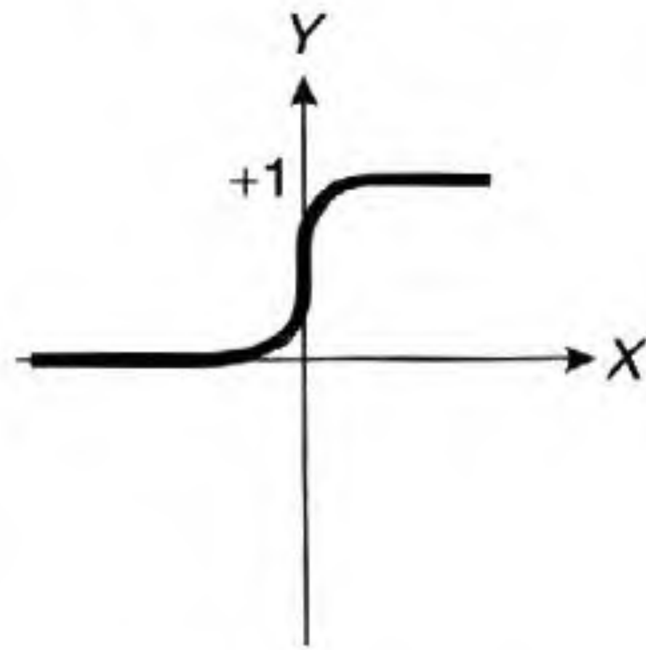
$$f'(s) = k$$

الشكل الرقم (٤ ـ ٥)

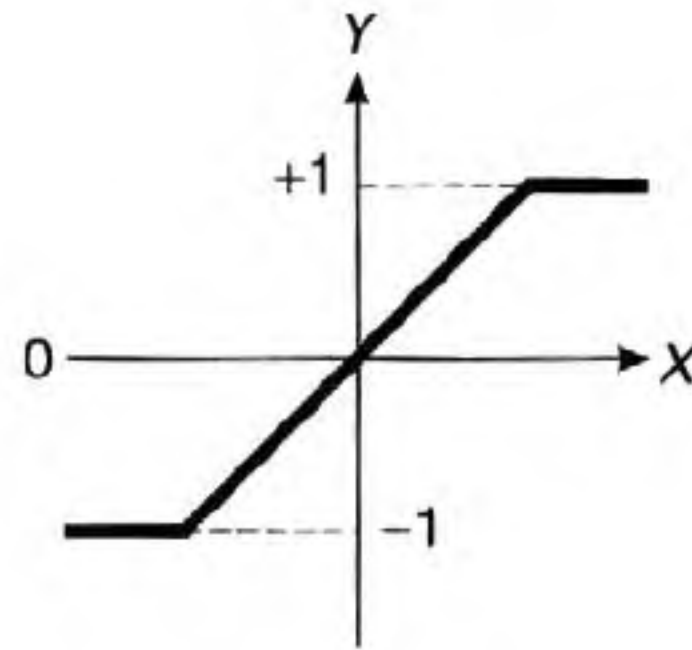
بعض أشكال السمات اللاخطّية السائدة في الشبكات العصبونية



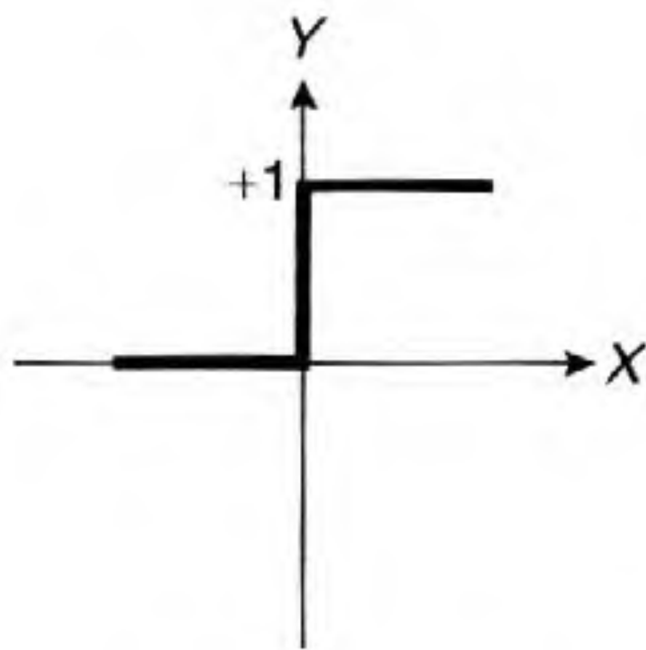
محدد صارم



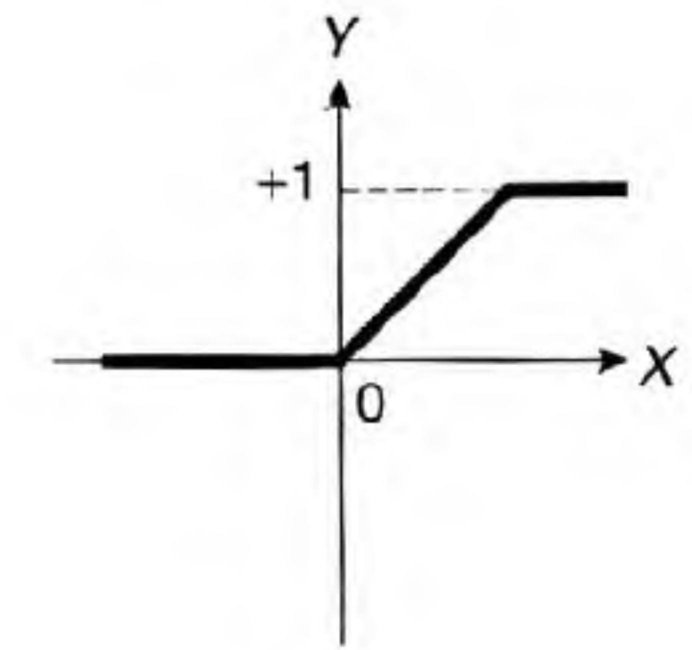
شبيه حرف أس



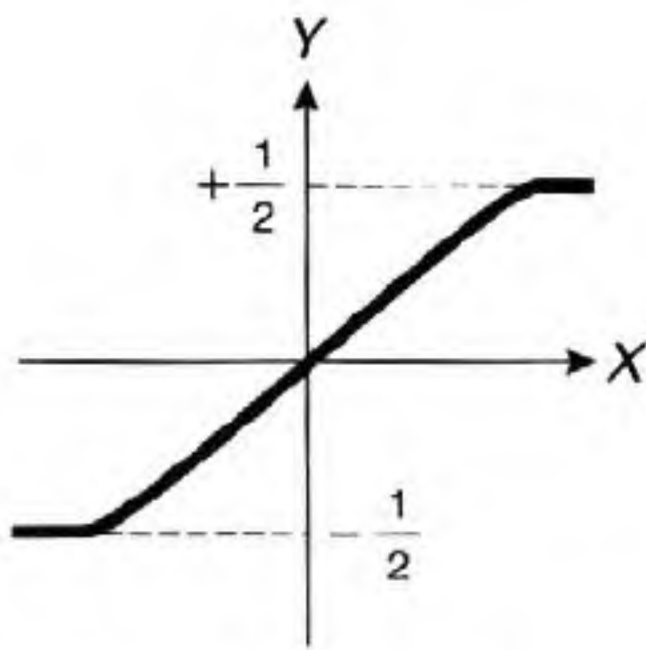
منحدر



محدد صارم



منحدر



شبيه حرف أس

رابعاً: خاصية التعلّم في الشبكات العصبونية الاصطناعية

تتبوأ عملية التعلّم مكانة متميزة في حقل تطبيقات الشبكات العصبونية بشتى ميادينها التطبيقية. من أجل هذا، شغلت مسألة التعلّم نخبة كبيرة من الباحثين في ميادين علم النفس، وعلم الاجتماع، والسلوك البشري، فبرزت مجموعة متنوعة من النظريات التي حاولت الإجابة عن جملة من المسائل المطروحة في هذا الحقل، والتي تطرح علينا أكثر من مسألة مثل:

- كيف تتم عملية التعلّم؟
- ما هي أفضل طرق التعلّم؟
- ما هو مقدار المادة التي نستطيع تعلمها، وما هو أقصر وقت ممكن لتلقي المعرفة؟
- ما هي سبل ترسيخ القدرة على التعلّم، والارتقاء بمهاراته؟

هذه الأسئلة، وأخرى يصعب حصرها قد تناولتها الكثير من البحوث، وعمد أصحابها إلى ترجمتها إلى آليات تسهم في تعميق القدرة على التعلّم[١٨].

تسعى عملية التعلّم السائدة في نظام من النظم التي تتعامل معها الشبكات العصبونية، إلى منح الأنموذج القدرة على التكيّف مع متطلبات البيئة التي يتعامل معها، الأمر الذي يمنح النظام فرصة أداء المهمة نفسها، أو مهام مشابهة في البيئة ذاتها، وبكفاءة أداء عالية، مع القدرة على ممارستها في المستقبل في ظل ظروف مقاربة[١٩].

تشمل عملية التعلم جملة من الآليات، ينحو بعضها نحو اكتساب معرفة جديدة، أو ترسيخ مهارات متقدمة. وتتضمن عملية تعلّم المعارف الجديدة اكتساب مبادئ وأنساق مفاهيمية أساسية، وفهم المعاني التي تستبطنها مفرداتها، والعلاقات القائمة في ما بينها، والمجال المعرفي الشامل الذي يلمّ شتاتها جميعاً. وينبغي أن يتم إدراك المعرفة الجديدة بطريقة شمولية، وأن تدرج ضمن أنساق عقلية، يمكن ترجمتها إلى منطق إجرائي صالح للاستخدام، من خلال أنماط سلوكية تستثمر هذه المعارف، فتحول رموزها الصورية إلى قدرة فاعلة على استخدامها في حل المسائل التي يفرزها الواقع الميداني.

(١٨) Howard Demuth and Mark Hudson Beale, «Neural Network Toolbox for Use with MATLAB,» The Math Works (1998).

(١٩) Li-Ming Fu, *Neural Networks in Computer Intelligence* (New York: McGraw Hill, 1994), p. 66.

أما عملية ترسيخ المهارات فتختص بالأنشطة ذات الصلة بالقدرة على الإدراك، وتمييز الأنماط المرئية، والمنطوقة، التي يمكن إدراكها بعمليات تدريب ومرانٍ متكررة لضمان القدرة على ممارستها في وقت لاحق[٢٠].

يمكن تقييم أداء نظام التعلّم الذي تمارسه الشبكة العصبونية وفق المؤشرات الآتية:

١ ـ ارتقاء قيم مقاييس الأداء عند استخدام الأنموذج مع بيانات يسودها تشويش معلوماتي.

٢ ـ القدرة على تعميم خوارزميات التعلّم، عند ممارسة حلول مشابهة.

٣ ـ القدرة على استبقاء المعرفة المكتسبة، عند معالجة مسائل لاحقة.

٤ ـ كفاءة خوارزمية التعلّم وسرعة أدائها، في بيئات أشد تعقيداً.

٥ ـ الخصائص النوعية التي تتميز بها الخوارزمية، من حيث، تعقيد مكوناتها، وطبيعة الهيكلة المفاهيمية التي ترتكز إليها.

٦ ـ ثبات نتائج تطبيق خوارزميات التعلّم على بيانات أخرى، تخص نظم مشابهة، وقدرتها على الوصول إلى كفاءة أداء مقاربة عليها.

٧ ـ القدرة على الاستيعاب، والتكيّف الذاتي مع بيانات جديدة ترقى بقابلية الشبكة على التعامل مع نظم أكثر حداثة، وتعقيداً.

٨ ـ مستوى حساسية الشبكة للتغير الحاصل في معاملات الأنموذج، أو البيانات المستخدمة في عمليات التدريب والمران. إذ تعد زيادة مستوى الحساسية مؤشراً واضحاً على فشل نظم التعلّم على التكيف مع التغيرات الحاصلة في البيئة لأي سبب طارئ.

وإذا حاولنا معالجة مسألة التعلّم من خلال منظور حقل الشبكات العصبونية الاصطناعية، سنلاحظ وجود قواسم مشتركة بالمعالجة استمدها العاملون في هذا المضمار من النتائج التي تم التوصل إليها في حقول بحوث تأثيرات السلوك البشري في

(٢٠) المصدر نفسه، ص ٦٦.

قدرة التعلّم. وعلى هذا الأساس، أضحت عملية التعلّم في الشبكات العصبونية عبارة عن محاولة للتكيف الذاتي مع المنبهات الواردة لتوليد الاستجابة المناسبة له[٢١].

ويمكن أن نعالج مسألة عملية التعلّم بوصفها عملية تصنيف مستمرة للمنبهات الواردة إلى العصبون، بحيث متى ورد المنبّه كمدخل إلى العصبون، تهرع الشبكة إلى تمييزه، فإذا لم تنجح بذلك فإنها تسعى إلى تطوير آلية جديدة لتصنيفه ضمن نسق جديد يجعله قابلاً للتمييز.

وأثناء استمرار الشبكة العصبونية بعملية التعلّم تعمد إلى تعديل عواملها («الأوزان الاشتباكية» (Synaptic Weights)، استجابة لقيمة المنبه الوارد. وعندما تصبح قيمة استجابة المخرج الفعلية مساوية للقيمة المطلوبة، تكون الشبكة قد استكملت مرحلة التعلّم، واكتسبت المعرفة المناسبة في حقل التعامل مع المسألة.

أكد النسق المفاهيمي «A.N.N. Paradigm» للشبكة العصبونية وجود قواعد حاكمة لعملية التعلّم، تختلف من حالة إلى أخرى. وبدأت تطرح أكثر من معالجة رياضية لهذه القواعد من خلال مجموعة من «معادلات تعلّم» (Learning Equations) تصف كل منها حالة محددة ضمن النسق المفاهيمي الشامل الذي يصف المحاولات الدؤوبة للشبكة في ضمان تكيّف استجاباتها من خلال التغيير المستمر لقيمة الأوزان الاشتباكية.

١ ـ أنواع عمليات التعلّم

تمتلك عملية التعلّم طيفاً واسعاً من المعاني بحسب المنظور الذي تعالج من خلاله مجموعة الاصطلاحات التي تستخدم لوصف جملة من فعالياتها على أرض الواقع.

بصورة عامة، يكثر استخدام اصطلاحات التدريب/ المران، والتعلّم، والفهم في محاولة لوصف مجمل العمليات السائدة في هذا المضمار، والتي تمتلك كل منها حدوداً اصطلاحية، ووظيفية دقيقة، تجعلها معبرة عن مستوى مفاهيمي محدد للعمليات السائدة في دائرة الشبكات العصبونية الاصطناعية[٢٢].

(٢١) Kartalopoulos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concept and Applications*.

(٢٢) Demuth and Beale, «Neural Network Toolbox for Use with MATLAB».

يرتكز مفهوم «التدريب» (Training) إلى المبدأ الذي يعده آلية لاستخدام المعلومات بقصد إحداث عملية تغيير، أو ارتقاء بمستوى السلوك من حالة ابتدائية باتجاه الحالة المستهدفة بحيث تزول الفروق القائمة بينهما، وتقارب عتبة حدودها الدنيا(٢٣).

ونتيجة لعدم بلوغ المخرجات القيم التي نتوقعها، تظهر الحاجة إلى تغيير الأوزان لاحتواء الفروق الحاصلة. إن التغير الدؤوب في قيم الأوزان يعدّ مظهراً من المظاهر الملموسة لعملية التدريب التي تحاول صقل القيم، لكي تكون المخرجات أشد قرباً من القيم التي يستهدفها أنموذج العصبون الاصطناعي.

ويبدو واضحاً مما ذكر أن عملية التدريب ليست سوى عملية ظاهرية، تستبطن وراءها عملية التعلّم التي تؤسس وجودها داخل كيان الشبكة العصبونية، وتمنحها القدرة على الاستجابة للمؤثرات الواردة إليها.

ولضمان كفاءة عملية التدريب، وبلوغ ثمارها المأمولة ينبغي أن ندرك ماهية الدور الذي تلعبه جملة من المقومات والآليات التي تسود في بيئتها، مثل:

• التغذية الارتجاعية (Feedback): تسهم عملية التغذية الارتجاعية في منح الشبكة العصبونية فرصة ثمينة لإدراك، وتمييز بعض الأنماط المعدّة سلفاً، إضافة إلى القدرة على تقييم بعض قيم دوالّ المسائل المطروحة للمعالجة.

تطلق التغذية الارتجاعية المعلومات من مخرج العصبون إلى عصبون يقع في عصبة لاحقة، لتوفير قدرة إضافية على المعالجة وضمان تعديلات لاحقة على قيم الأوزان، لكي تكون قيمة المخرج أكثر مقاربة إلى الهدف المنشود.

بصورة عامة، تكون القيمة المرتجعة عبارة عن مقدار الخطأ، أو الانحراف المصاحب للمخرج، بعد مرورها بعملية تعديل عبر نسق مفاهيمي يرتكز على أنموذج رياضي محدد. وتستمر عملية التغذية الارتجاعية على شكل سلسلة من العمليات التي تمارسها الشبكة العصبونية، لكي تظفر بمرحلة انتهاء عملية التدريب عندما يتم احتواء الخطأ في قيمة المخرج بصورة شبه كلية.

• الضوضاء (Noise): يمكن أن تعرّف الضوضاء بوصفها حالة من حالات التشويش، أو الانحراف عن القيمة الحقيقية. ولا تكاد تخلو البيانات التي تتعامل معها

(٢٣) Shalkoff, *Artificial Neural Networks*.

الشبكات العصبونية الاصطناعية من ضوضاء تسري في كيانها، فتؤثر بشكل ملموس في إمكانية الاستجابة المناسبة لمحاكاة سلوكها.

ولتحديد قدرة الشبكة العصبونية على تجاوز تأثير الضوضاء وبيان صلاحيتها لتطبيق من التطبيقات، يتم اللجوء إلى زج نوع من أنواع التشويش المفترضة على كيان الشبكة العصبونية التي أكملت مرحلة التدريب، للوقوف على مقدرة الشبكة على الاستمرار في عملية التعلّم في ظل وجود مصادر الضوضاء والتشويش.

- الذاكرة (Memory): لعل من المسائل الملحة التي تستأثر باهتمام العاملين في ميدان الشبكات العصبونية الاصطناعية هو تحديد مدى قدرتها على الاحتفاظ بالأنماط المستنبطة من التدريب على بيانات سابقة بحيث يمكن استرجاعها واستثمارها في مراحل لاحقة. ترتبط هذه المسألة بمواضيع تخص «الذاكرة الطويلة الأمد» (Long Term Memory (LTM))، أو «الذاكرة القصيرة الأمد» (Short Term Memory (STM)) التي يكثر استخدامها في علم النفس، والحوسبة المعلوماتية.

وفي ضوء المفاهيم التي تمتلكها هاتين المفردتين، يمكن أن تعدّ الذاكرة الطويلة الأمد معياراً تحدد من خلاله قدرة الشبكات العصبونية الاصطناعية على استذكار المعلومات المصاحبة لعمليات التعلّم التي تنتج على بعد زمني طويل، وفي ظل ظروف مختلفة. أما الذاكرة قصيرة الأمد فتؤشر نحو اضمحلال، أو زوال الحصيلة المعرفية للتعلّم خلال فترة قصيرة، بحيث لا يمكن للشبكة أن تتعامل مع حالات مشابهة خلال بعد زمني طويل الأمد.

ولكي تتضح أمامنا طرائق التعلّم المستخدمة مع الشبكات العصبونية الاصطناعية، سنمنح أنفسنا فرصة للتوقف عند أهم محطاتها، لبيان الأسس المفاهيمية التي ترتكز إليها.

أ ـ التعلّم المراقَب (Supervised Learning)

ترتكز عملية تعلّم الشبكة العصبونية الاصطناعية على مبدأ توظيف المنبه الوارد إلى العصبون في توليد مخرج استجابة. وتتم عملية مقارنة الاستجابة المتولدة من المنبه بقيمة أولية للمخرج، تعكس قيمة الاستجابة المطلوبة في المسألة قيد الدراسة[٢٤].

(٢٤) Matteo Matteucci, «Soft Computing: Applications Technique,» Department of Electronics and Information (Milano) (2002).

وفي حالة اختلاف قيمة الاستجابة عن القيمة المطلوبة، تباشر الشبكة عملية توليد «إشارة خطأ» (Error Signal) تستخدم بمرحلة لاحقة في حساب التعديل المطلوب إجراؤه على الأوزان الاشتباكية للشبكة العصبونية بحيث تطابق قيمة المخرج الواقعي القيمة المستهدفة للمخرج.

وعلى هذا الأساس تباشر عملية تقليص مقدار الخطأ (الفرق بين القيمة الواقعية، والقيمة المستهدفة للمخرج) بحيث تكون قريبة جداً أو مساوية للصفر.

تتطلب عملية تقليص قيمة الخطأ إلى الحدود الدنيا وجود «معلّم مرشد» (Teacher)، أو «جهة مراقبة» (Supervisor) لتوجيه هذه العملية التي باتت تعرف بعملية التعلّم المراقَب. وفي حالة الشبكات العصبونية فإن حجم الحسابات المطلوبة لتقليل نسبة الخطأ تعتمد إلى حد كبير على طبيعة الخوارزمية المستخدمة. وترتكز هيكلة الخوارزمية في تحديد الزمن المطلوب لإجراء عدد التكرارات (Iteration)، وعدد التكرارات المطلوبة في ضوء طبيعة نمط الخطأ المصاحب للمدخلات بحيث نضمن بلوغ الحد الأدنى أثناء عملية التدريب، وهل أن الشبكة ستفلح في الوصول إلى «الحد الأدنى الكلي» (Global Minimum)، أو «الحد الأدنى المحلي» (Local Minimum).

ب ـ التعلّم غير المراقَب (Unsupervised Learning)

على النقيض من التعلّم المراقَب فإن هذا النمط من التعلّم لا يفتقر إلى معلم مرشد، لعدم وجود مخرج مستهدف في عملية تدريب الشبكة العصبونية. لذا عندما تبدأ عملية التدريب، تستلم مدخلات الشبكة عدة أشكال من المثيرات، أو الأنماط، فتلجأ إلى تصنيف وإدارة الأنماط إلى عدة مستويات بطريقة عشوائية. وحالما يرد منبه جديد (في مرحلة لاحقة)، تقوم الشبكة العصبونية بتوليد استجابة مخرجة تكون ذات صلة مباشرة بالصنف الذي ينتمي إليه المنبه. وفي حالة عدم توافر الصنف الذي يتلاءم مع المنبّه الوارد، تلجأ الشبكة إلى توليد صنف جديد يلحق به.

ورغم انتفاء حاجة هذا الأسلوب من التعلّم إلى المعلم المرشد فإنه يبقى بحاجة إلى «خطوط إرشـاد» (Guidelines) يمكن من خلالها تحديد معالم المجاميع التي سيصار إلى تصنيفها أثناء عملية التدريب.

أما في حالة غياب مثل هذه الخطوط الإرشادية، فإن معالم الخصائص التي سيتم توظيفها أثناء عملية التصنيف ستكون مفقودة، وستعاني عملية التصنيف من إخفاقات

متكررة. وعليه ستبقى هناك حاجة قائمة إلى وجود خصائص محددة، تسترشد بها عملية التصنيف الدؤوبة التي تمارسها الشبكة العصبونية الاصطناعية.

ج ـ التعلّم المعزّز (Reinforced Learning)

تمتلك هذه الآلية من التعلم عصبوناً أو بضعة منها في طبقة الإخراج مع معلّم مرشد. تختلف مهمة المرشد في هذا النوع عن الدور الذي ينهض بأعبائه في التعلّم المراقب، حيث لا تكون له صلة مباشرة بعملية تبيان مدى قرب المخرج من القيمة المستهدفة، بل تكون مهمته عبارة عن تأكيد مطابقة المخرج مع المخرج المستهدف.

وخلال مرحلة التدريب يبدأ الحافز المدخل، بزج تأثيره في جسم العصبون، فتنتج الاستجابة على عقدة المخرج، بيد أن المعلم لا يطرح مسألة المخرج المستهدف على نشاط العصبون، بل يقتصر على إصدار وصف (مطابق/ غير مطابق) إزاء كل قيمة من القيم التي تظفر الشبكة بالوصول إليها. وعليه فإن إشارة الخطأ ستكون عبارة عن متغير ثنائي يتأرجح بين قيمتين لا ثالث لهما، أي إما مطابق أو غير مطابق.

وفي حالة إصدار المعلم المرشد إشارة «سيئ»، ستسعى الشبكة إلى إعادة تحديد العوامل، وتحاول هذا الأمر مرات متعددة إلى حين بلوغ الغاية المنشودة التي ستكون عبارة عن تطابق قيمة المخرج المستحصلة مع القيمة المستهدفة.

وتكمن الصعوبة في هذا النوع من آلية التدريب، في عدم وجود دلالة على أن قيمة المخرج تتجه صوب القيمة المستهدفة، أم أنها لا تزال بعيدة منها كل البعد. وعليه، فإن الاستراتيجيا المستخدمة فيها لتعديل الانحراف الحاصل في قيمة المخرج تختلف كثيراً عمّا يحدث في التعلّم المراقب.

إن أهم المتغيرات التي تبدو عملية ملاحظتها مهمة في هذا النوع من التعلّم لضمان الوصول إلى المخرج المطلوب (خلال كل دورة من دورات التدريب) هي: الزمن المستغرق لكل عملية تكرار، وعدد التكرارات المطلوبة لكل نمط من الأنماط.

ويبقى هذا النوع من آليات التعلّم بحاجة إلى عناية خاصة عند تطبيقه على حالة محددة، مع أهمية الانتباه إلى ضرورة وضع محددات واضحة المعالم لمدى عملية التدريب، حرصاً على عدم إهدار عمليات التكرار في قطاع يبعد كثيراً عن القيمة المستهدفة.

د ـ التعلّم التنافسي (Competitive Learning)

يقع هذا النوع من آليات التدريب في دائرة التعلّم المراقب، مع احتفاظه بخصائص مميزة لآلية العمل، والمعمارية العصبونية التي يرتكز عليها. بصورة عامة، تحتوي الشبكة التي تسود فيها هذه الخوارزمية على بضعة عصبونات في طبقة الإخراج. وعندما يبدأ المنبه بالتأثير في عصبونات طبقة الإدخال، يسعى كل عصبون من عصبونات الإخراج إلى التنافس مع البقية للوصول إلى مرحلة توليد المخرج الذي تقرب قيمته من القيمة المستهدفة. ونتيجة لذلك، يسود المخرج المقارب، وتتوقف بقية عصبونات الإخراج عن توليد إشارة إخراج من المنبه ذاته.

وفي حالة ورود منبّه آخر، فإن عصبوناً آخر سوف ينجح في عملية التنافس على توليد الإخراج الأكثر قرباً من القيمة المستهدفة، فيتبوأ مكان الصدارة مع أقرانه، وتستمر الآلية على نسق مقارب طوال فترة التدريب والمران.

وعلى هذا الأساس، يبدو أن كل عصبون من عصبونات الشبكة سيكون أكثر استجابة لمنبه محدد، نتيجة لتركز عملية تدريبه التنافسية على التعامل بنجاح مع فئة محددة من المنبهات الواردة إلى الشبكة. ويمكن أن يعد هذا الأسلوب من التعلّم عملية تخصص عشوائية، بسبب اعتماده مبدأ التنافس في إثبات صلاحية العصبون لتوليد المخرج المناسب عبر بيئة تنافسية تتسم بصفة العشوائية في تحديد هويته.

بيد أن هذه الخاصية قد لا تكون مناسبة في حالة كون الشبكة التي توظف هذه الآلية جزءاً من شبكة واسعة النطاق، وهو ما ينشأ عنه تأثير غير مرغوب نتيجة الارتباطات المقيمة بين عقد العصبونات المختلفة، والتي قد ينجم عنها عمليات كف لبعض المخرجات الصادرة عن العقد التي تمر بحالة توقف.

بالمقابل، تتمتع هذه الآلية بأهمية كبيرة في حالة التعامل مع نظم تتسم بسيادة عنصر الخصائص الفردية بمكوناتها التركيبية، حيث ستساهم وحدات عصبونية محددة بتوليد المخرجات الأمثل في ضوء الميزات الفردية التي تتمتع بها في التعامل مع الحالات الميدانية.

٢ ـ خوارزميات التعلّم (Learning Algorithms)

تتألف خوارزميات التعلّم التي يتم توظيفها في تدريب الشبكات العصبونية الاصطناعية من مجموعة الصيغ الرياضية المستخدمة لوصف التغاير الحاصل في شدة

الوصلات (الأوزان w_{ij})، ومستوى العتبة أثناء مرحلة التدريب والمران التي تمرّ بها الشبكة. أما القيم النهائية لـ «الحالة المطردة» (Steady State) التي تصل إليها الشبكة فيطلق عليها اصطلاح «برنامج» الشبكات العصبونية الاصطناعية (Program).

وتبرز أمامنا في هذا الحقل حالتان من حالات التعلّم، هما حالة التعلّم المراقَب، وغير المراقَب، بوصفهما أكثرهما شيوعاً في هذا المضمار. وتعد عملية المراقبة آلية اصطناعية استحدثت لإضافة المزيد من المحددات الرياضية التي تباشر عملية مراقبة مستمرة لقيم المخرجات المستحصلة مع المستهدفة.

بمعنى آخر، تهدف عملية المراقبة إلى الظفر بحالة مطردة لضمان الوصول إلى مرحلة يمكن أن تترجم من خلالها المنبهات الواردة على الشبكة إلى قيمة للمخرج بحيث تكون معروفة لدينا بصورة مسبقة (Priori). وتعمد وحدة المقارنة إلى تحديد مقدار انحراف المخرج عن القيمة المستهدفة، فتتم معالجته عبر توظيف خوارزمية التعلّم المناسبة التي تهدف إلى تقليل الخطأ إلى حدوده الدنيا من خلال عملية التغير المستمر في قيم الأوزان w_{ij}.

وإذا نظرنا إلى الشكل الرقم (٢ ـ ٦)، نلاحظ بوضوح دور المعلّم المرشد في مجمل عملية التدريب التي تمارسها الشبكة. وتمثل الرموز الواردة في الشكل مكونات هيكل الشبكة ومتغيراتها في ظل عمل هذه الشبكة، وكما يأتي:

يتألف متجه الوزن لمدخلات العصبون من $w_{ij} = [w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}, ..., w_{in}]$.

بينما يتألف متجه مدخلاته من $x_{ij} = [x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, ..., x_{in}]$.

ويتألف مخرج العصبون قبل نقطة اللاخطّية من $R_i = w^T x$.

أما قيمة المخرج الناتج من العصبون بعيد نقطة الدالّة اللاخطّية فتكون $O_i = f\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_{ij}\right)$.

وتكافأ إشارة القيمة المستهدفة بعملية التدريب T_i .

وتصبح قيمة الخطأ المصاحب للمخرج أثناء عملية التعلّم $E_i = T_i - O_i$.

وأخيراً تمثل دالّة التغير الحاصل في الأوزان أثناء عملية التدريب، التي تقارب قيمتها الصفر، أو تكون قريبة منه قبيل انتهاء مرحلة التدريب Δw_{ij}.

بصورة عامة، فإن التغير الحاصل في الأوزان يكون متناسباً مع إشارة التعلّم، وقيمة المنبه الوارد على العصبون. وعلى هذا الأساس يمكن وصف تعلم العصبون بالمعادلة الآتية:

$$\frac{\delta w_{ij}(t)}{\delta t} = \mu E_i(O_i, T_i)\, x_i(t) \quad \text{.............................} \quad (٢)$$

ويعبر الرمز μ عن ثابت موجب القيمة يطلق عليه «معدّل التدريب» (Training Rate).

ونظراً إلى كون احتساب قيمة الأوزان تتم بواسطة حاسوب رقمي، فإن هذا الأمر يوفر لنا إمكانية إعادة كتابة المعادلة (٢) بصيغة «الزمن المتقطع» (Discrete Time Form):

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \mu E_i\left(O_i(k), T_i(k) x_i(k)\right) \quad \text{......................} \quad (٣)$$

وعلى هذا الأساس يمكن صياغة قاعدة التعلّم (Learning Rule) كما يأتي:

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \text{فقرة تصحيح} \quad \text{......................} \quad (٤)$$

حيث يعبر المتغير k عن عدد «مرتبة التكرار» (Iteration Step Number).

ونود التنبيه إلى أن عملية التعلّم تصل إلى نهايتها عندما تساوي قيمة فقرة التصحيح المذكورة في المعادلة (٤) صفراً.

أما في حالة التعلّم غير المراقب، لا تكون ثمة حاجة إلى المتجه T_i في الصياغة الرياضية لخوارزمية التدريب. من جهة أخرى تستخدم الدالّة ثنائية القطبية *sgn(0)* بوصفها دالّة غير خطية. وعليه تصبح قيمة مخرج العصبون التي تسبق نقطة تأثير اللاخطّية $R_i = O_i$.

وإذا شرعنا مع قيم عشوائية للأوزان قريبة من الصفر، شريطة أن تكون قيمة معدل التعلّم موجبة، ومنخفضة؛ مع توافر معلومات كافية عن نمط المدخلات، حينئذ يمكن احتساب مخرج العصبون من المعادلة الآتية:

$$O_i(k) = f\left(\sum_{i=1}^{n} w_{ij}(k) x_{ij}\right) \quad \text{.................................} \quad (٥)$$

حيث يمثل المتغير $k=1,2,3,.....$ عدد التكرار الحاصل أثناء عملية التعلّم.

أما القيمة المحدّثة للأوزان فيمكن احتسابها مما يأتي:

$$\Delta w_i = \mu O_i(k) x_{ij} \qquad (٦)$$

$$w_i(k+1) = w_i(k) + \mu O_i(k) x_{ij} \qquad (٧)$$

وتستمر هذه العملية إلى حين عدم حصول أي تغيير في قيم إشارة المخرج، و/ أو الأوزان. بعدها نبدأ العملية ثانيةً مع نمط آخر للمدخل، لنبدأ دورة جديدة من عملية التدريب. أما في حالة تبني آلية التعلّم ذات «السريان الراجع» (Back Propagation) ضمن شبكة عصبونية تضم طبقة، أو أكثر من الطبقات المخفية، حينئذ تصبح عملية توظيف الحاسوب لحل مثل هذا النوع من المسائل أكثر سهولة.

وتأخذ المعادلة المستخدمة لحساب وتثبيت قيمة الأوزان عند الطبقة الأخيرة من الطبقات المخفية الشكل الآتي:

$$\Delta w_{ij}^{I} = \eta \delta_i^{I} O_j^{I-1} \qquad (٨)$$

أما بالنسبة إلى أوزان طبقة الإخراج فتحتسب بواسطة المعادلة:

$$\delta_i^{L} = \left(T_i - O_i^{L}\right) O_i^{L} \left(1 - O_i^{L}\right) \qquad (٩)$$

بينما تحتسب قيمة أوزان الطبقات المخفية بواسطة المعادلة:

$$\delta_i^{l} = \left(\sum_{r=1}^{N_l} \delta_r^{l+1} w_{ri}^{l+1} \right) O_i^{l} (1 - O_i^{l}) \qquad (١٠)$$

وتستمر عملية حساب درجة الميل، وإعادة تعديل قيمة الأوزان، إلى حين الوصول إلى الحد الأدنى من قيمة الخطأ.

ويبدو واضحاً بالنسبة إلى العقد العصبونية الموجودة في طبقة δ_i^{l} أنها تعتمد إلى حد كبير على قيمة الخطأ المحتسبة في الطبقة $l + 1$، أي بطريقة رجعية[٢٥].

(٢٥) Kartalopoulos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concept and Applications*.

خامساً: المُدرِك (Perceptron)

وضع عالم الأعصاب الشهير وارن ماكيولّوك (Warren McCulloch) وزميله عالم الإحصاء «والتر بتز» (Walter Pitts)، في عام ١٩٤٣، الأنموذج الرياضي الرائد لمحاكاة هيكلة وسلوك عصبون حي[٢٦]. ورغم البنية الابتدائية التي اتسم بها أنموذجهما المقترح مع غياب أي صلة له بخاصيتَي التكيف، أو التدريب، إلا أنه قد أضحى مورداً خصباً استمد من نسقه المفاهيمي العاملون في ميدان علم الأعصاب، والحوسبة العصبونية أرضية خصبة أسهمت في ظهور فرضيات ونظريات متعددة خلال العقود التي تلت ظهوره[٢٧].

لقد تحول العصبون إلى صيغة رياضية مجردة يطلق عليها المُدرِك. فأضحى جوهره عبارة عن منظومة تنسيق أنماط تمتلك القدرة الذاتية على تمييز الأنماط المجردة والهندسية بواسطة المدخلات التي تغذي كيان المنظومة.

وقد سعى العاملون إلى زيادة قدرة الشبكات العصبونية على التكيف مع المدخلات الواردة إليها، عبر زيادة تعقيد هيكلتها البنائية، فتزايد أعداد وحداتها الأولية، مع «تعدد الطبقات» (Multilayer)، واقترحت آليات تعلّم جديدة، فزاد تشابك نسيجها إلى حد كبير، مع تعميق قدرتها على التنبؤ.

سادساً: معمارية الشبكات العصبونية

تتألف الشبكات العصبونية الاصطناعية من مجموعة متفاوتة الأعداد من العصبونات المترابطة فيما بينها، وفق معمارية، تحدد طبيعة المهام التي تضطلع بها. ويطلق على نسق ارتباط العصبونات اصطلاح «طوبولوجيا الشبكة» (Network Topology)[٢٨].

تتكون معمارية الشبكات العصبونية الاصطناعية من مجموعة من المتغيرات التي تشمل:

---

(٢٦) Ham and Kostanic, *Principles of Neurocomputing for Science and Engineering.*
(٢٧) Demuth and Beale, «Neural Network Toolbox for Use with MATLAB».
(٢٨) Ham and Kostanic, Ibid.

- عدد الطبقات التي تتألف منها الشبكة.
- عدد العصبونات الموجودة في الطبقة الواحدة.
- عدد المدخلات الواردة.
- عدد المخرجات الصادرة.
- آلية التدريب والتعلّم السائدة فيها.

يعدّ المُدرِك أبسط أشكال طوبولوجيا الشبكات العصبونية الاصطناعية حيث يتألف من عصبون واحد ضمن طبقة واحدة. ثم يتوالى تعقيد الشبكة في ضوء عدد العصبونات، وعدد الطبقات الموجودة فيها.

بصورة عامة، هناك ثلاثة عوامل حاسمة تؤثر في الخصائص البنيوية للشبكات العصبونية الاصطناعية هي:

(١) هيكلة الشبكة التي تشمل معمارية الشبكة وطوبولوجيا مكوناتها.

(٢) آلية الترميز التي تلقي الضوء على أساليب التغير الحاصل في الأوزان.

(٣) طبيعة الاستدعاء الذي تمارسه الشبكة العصبونية لاسترجاع المعلومات.

لقد ازداد تعقيد هيكلة الشبكات العصبونية الاصطناعية، فأضحت تتألف من أكثر من طبقة واحدة، مع تباين عدد العصبونات الموجودة في كل طبقة من طبقاتها. ويطلق على الطبقة الأولى حيث ترد أنماط المنبهات «طبقة الإدخال» (Input Layer)، بينما يطلق على الطبقة التي تصدر عنها مخرجات الشبكة «طبقة الإخراج» (Output Layer)، أما الطبقات التي تتوسط الحيز الموجود بين هاتين الطبقتين فيطلق عليها «الطبقة المخفية» (Hidden Layer).

قد تحتوي الشبكة على أكثر من طبقة مخفية واحدة في معماريتها، حيث تتحدد أعدادها على أساس طبيعة المهام الرياضية، أو المنطقية التي يحتويها أنموذج الشبكة[٢٩]. ويظهر في الجدول الرقم (٤ ـ ٣) الحدود الاصطلاحية لمكونات الشبكات العصبونية الاصطناعية متعددة الطبقات.

(٢٩) Kartalopoulos, *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concept and Applications*.

الجدول الرقم (٤ ـ ٣)

مكونات الشبكة العصبونية متعددة الطبقات

الكائن العصبوني	التفاصيل
شبكة عصبونية اصطناعية	عبارة عن مجموعة من العصبونات المترابطة فيما بينها ضمن طوبولوجيا محددة.
طبقة عصبونية	مجموعة عصبونات تبتعد بمسافات متساوية عن طبقة الإدخال.
طبقة إدخال	طبقة من عصبونات تتلقى البيانات الواردة للشبكة تمهيداً لمعالجتها.
طبقة إخراج	طبقة من عصبونات تسهم بإخراج النتيجة النهائية لمعالجة الشبكة العصبونية.
طبقة مخفية	طبقة من عصبونات تقوم بمعالجة البيانات الواردة من عصبونات أخرى، لغرض تمهيد لمعالجتها بواسطة عصبونات تليها.

يلعب الأنموذج المقترح لبناء هيكلة الشبكة العصبونية دوراً فاعلاً في توصيف العلاقات الرياضية السائدة بين مكوناتها، وعدد وحداتها البنائية (عدد المُدرِكات، وعدد الطبقات). ويظهر في الجدول الرقم (٤ ـ ٤) أهم الخصائص البنيوية والوظيفية للشبكات العصبونية المستخدمة في شتى الميادين التطبيقية.

الجدول الرقم (٤ ـ ٤)

أهم الخصائص البنيوية والوظيفية للشبكات العصبونية

الخاصية	التفاصيل
معمارية الشبكة	وتتحدد بالطوبولوجيا السائدة فيها، وعدد طبقاتها، وعدد العصبونات الموجودة في الطبقة الواحدة، وطبيعة آلية التعلّم المستخدمة، وعدد التكرارات المستخدمة للنمط الواحد، وعدد العمليات الحسابية في عملية التكرار، وسرعة استدعاء النمط.

يتبع

تابع

مستوى التعقيد	يتحدد من خلاله الحجم المطلوب للشبكة بحيث تكون قادرة على أداء مهامها.
السعة	حجم المعلومات التي تقوم الشبكة باختزانها.
نسق المعالجة	ما هو التطبيق الشبكاتي الأمثل لضمان حسن أدائها.
الأداء	تحدد من خلاله هوية الشبكة ذات الأداء الأمثل.
كفاءة التعلّم	مدى سرعة تعلّم الشبكة.
الاستجابة	سرعة استجابة الشبكة للمنبهات الواردة إليها، وقدرتها على توليد المخرجات المناظرة لها.
الموثوقية	هل تستطيع الشبكة الوصول إلى الحلول نفسها المطلوبة في حالة تكرار ورود المنبهات في أوقات متباينة.
الحساسية تجاه التشويش	مدى قدرة الشبكة ودقة قيم مخرجاتها في حال وجود تشويش يصاحب مدخلاتها.

ويأتي عامل آلية الترميز ليؤشر نحو النسق المفاهيمي المعتمد في حساب وتغيير قيم الأوزان، عند العقد المقيمة بين العصبونات الموجودة على الشبكة. وفي هذا المقام يبرز أمامنا أكثر من نمط طوبولوجيا للشبكات العصبونية منها:

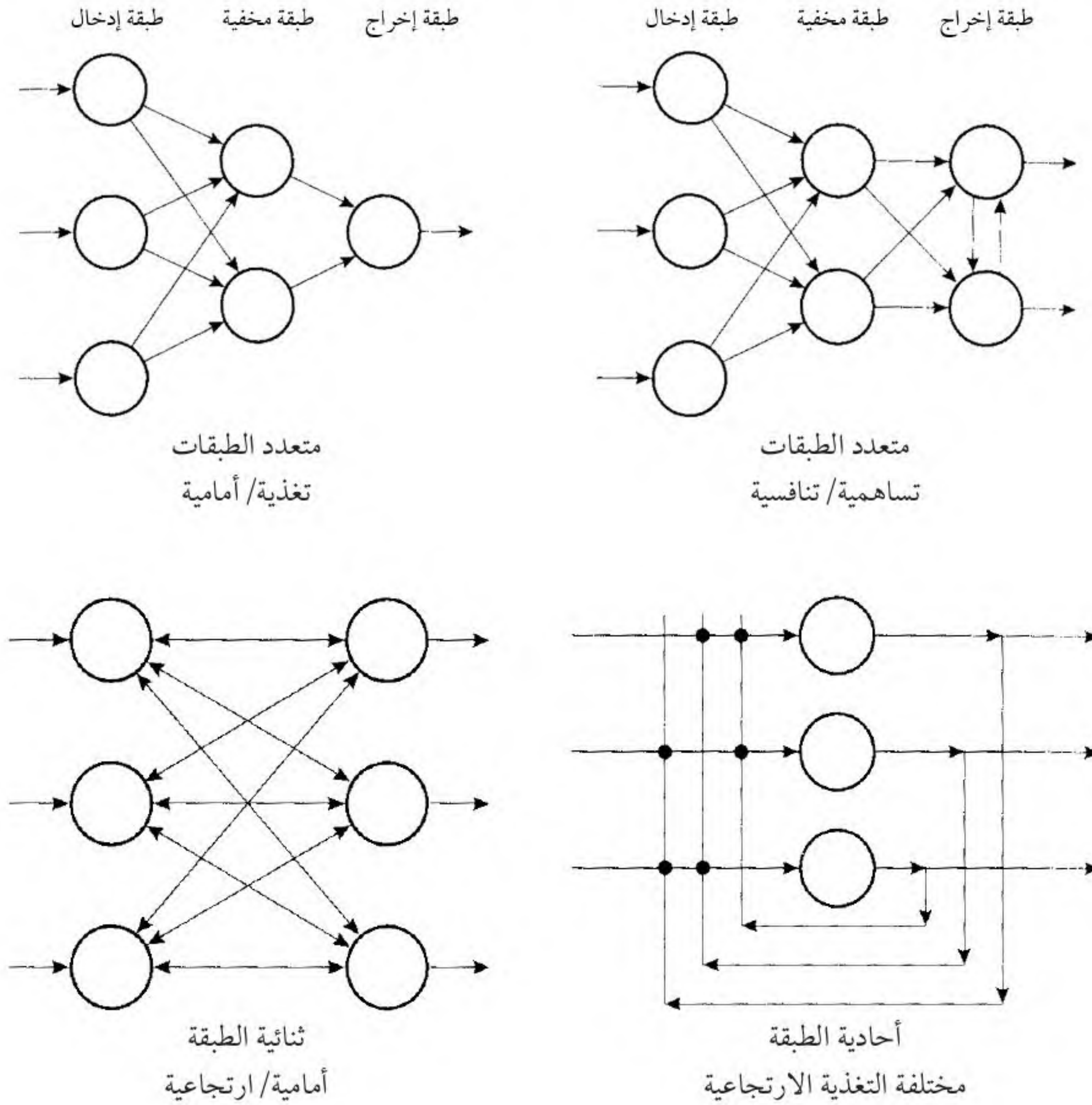
- شبكة «التغذية الأمامية» (Feed Forward) حيث تتم عملية تحديد الأوزان بأسلوب عشوائي.

- شبكة «الامتداد الراجع» (Back Propagation) حيث تستمر عملية تحديث قيم الأوزان في ضوء القيم الراجعة من مخرجات الشبكة لتوجيه عملية التدريب نحو الظفر بأفضل نتيجة ممكنة.

أما بالنسبة إلى عملية الاستدعاء، فتعد مؤشراً على توقع قيمة المخرج المقابل لقيمة محددة من قيم الإدخال، بحيث يكون من الضروري على الدوام أن تتطابق قيمة المخرج التي تحصل عليها الشبكة عند تغذيتها بالمستوى نفسه من المدخلات (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ٦)).

الشكل الرقم (٤ ـ ٦)

نماذج منتخبة من طوبولوجيا الشبكات العصبونية



نهج اختيار الطبقات المخفية

يبقى في كثير من الحالات الأنموذج الخطي للشبكات العصبونية الخالي من الطبقات المخفية من أكثر النماذج ملاءمة لما يتسم به من سهولة الاستخدام، وشمولية التطبيق على طيف واسع من الحالات(٣٠). أما في حالة استخدام شبكة عصبونية متعددة الطبقات، تحوي دوالّ تنشيط معقدة، حينئذ ستظهر الحاجة إلى استخدام طبقتين من

(٣٠) P. McCullagh and John A. Nelder, *Generalized Linear Models*, 2nd ed. (London: Chapman and Hall, 1989).

الطبقات المخفية للحصول على وصف أكثر شمولاً[٣١]. وفي حالة وجود دوالّ تنشيط مستمرة لاخطّية، فإن طبقة مخفية واحدة ستكون كافية لتحقيق الغرض، مع زيادة عدد العصبونات الموجودة في هذه الطبقة لكي تمتلك قدرات أداة التقريب الشاملة[٣٢].

ومن جهة أخرى، وعند استخدام نقطة إدخال واحدة، يبدو أن من غير المفيد توظيف أكثر من طبقة مخفية واحدة. ولكن الأمور تزداد تعقيداً عندما يزداد عدد المدخلات على مدخل واحد، وباتجاه بضعة مدخلات، حيث تظهر عند مثل هذه الحالات الحاجة إلى مزيد من الجهد والخبرة التحليلية لتحديد عدد الطبقات المخفية المناسبة للأنموذج العصبوني.

سابعاً: كيفية تصميم وتنفيذ شبكة عصبونية لدراسة حالة محددة

هناك مجموعة من الخطوط العامة التي يمكن السير على هديها لضمان تحقيق التصميم الأمثل لشبكة ستسهم في التعامل مع مسألة اقتصادية محددة على أرض الواقع. وبصورة عامة، تشخص أمامنا أكثر من مرحلة للتطبيق الميداني على الأرض، من أجل هذا سنحاول في الفقرة اللاحقة إعادة تشكيل هذه المراحل بأسلوب يضمن تناولها بسهولة.

١ ـ مرحلة كلية

تضم في دائرتها جميع فئات الشبكات العصبونية الاصطناعية، وتتناولها بصورة كلية شاملة. وتتألف هذه المرحلة من الخطوات الآتية:

- اختيار الأنموذج العصبوني الملائم للمسألة.
- تحديد معمارية الشبكة العصبونية الاصطناعية.
- جمع واستقصاء بيانات التدريب، التي تتألف من زوج بيانات مدخلات الأنموذج ومخرجاته.
- تصميم مقياس لأداء الشبكة، أو دالّة موضوعية لعملها.

(٣١) Eduardo D. Sontag, «Feedback Stabilization Using Two-Hidden-Layer Nets,» *IEEE Transactions on Neural Networks*, no. 3 (1992), pp. 981-990.

(٣٢) Kurt Hornik, «Some New Results on Neural Network Approximation,» *Neural Networks*, vol. 6 (1992), p. 1069-1072.

- الحصول على مصفوفة الأوزان بواسطة عملية التدريب.
- إجراء سلسلة اختبارات لوظيفة الشبكة، وكفاءة أدائها.

٢ ـ مرحلة متخصصة تحددها طبيعة التطبيق

وتتألف هذه المرحلة من مجموعة متشعبة من الأطوار التي تحددها طبيعة التطبيق، وتفاصيل الأنموذج العصبوني المعتمد لتحليل البيانات، ومستوى سبر الأنماط السائدة فيها. ولغرض تذليل العقبات التي قد تشخص أمام توظيف هذه التقنية سنحاول مناقشة مراحل تطبيق أهم النماذج التي يكثر استخدامها، أو تصلح للاستخدام في الميادين ذات الصلة بتحليل الخطاب وسبر الدلالات المقيمة فيه.

أ ـ شبكة عصبونية مبسطة

عند استخدام أنموذج يوظف شبكة عصبونية مبسطة تتألف من طبقتي الإدخال والإخراج فحسب، نتبع ما يأتي:

١ ـ اختيار مجموعة من متجهات الإدخال $\{x\}$.

٢ ـ اختيار مجموعة من مخرجات الهدف $\{o\}$، (مخرج واحد لكل مدخل من متجهات الإدخال).

٣ ـ اختيار قيمة موجبة لمستوى التدريب (صغيرة)، μ، وخاصية محددة، ومقدار خطوة التدريب التي ستمارسها الشبكة.

٤ ـ اختيار نوع الدالّة اللاخطّية.

٥ ـ اختيار الأسلوب الذي سيتم من خلاله وقف عملية التدريب، بعد اختيار قيمة محددة للخطأ المقبول في قيمة المخرج (تقارب القيمة صفراً في كثير من الأحيان). وعندما يتم بلوغ قيمة الخطأ هذه تتوقف الشبكة عن عملية التدريب.

وعندما تستكمل هذه الخطوات، نباشر ما يأتي:

١ ـ تحديد قيم عشوائية صغيرة لكل من مستوى العتبة Θ، والأوزان $w_j(0)$.

٢ ـ تطبيق نمط محدد من المدخلات x_p، مع القيمة المناظرة من المخرجات T_p، حيث يمثل المتغير p عدد الأنماط المنتخبة في المجموعة.

٣ ـ احتساب قيمة المخرج الحقيقي O، من المعادلة الآتية:

$$O(k) = f\left[\sum_{j=0}^{N} w_j(k)x_j(k)\right]$$

أو بطريقة وصف المتجهات:

$$O(k) = f\left[w^T k(x)\right]$$

٤ ـ تبني الأوزان عبر استخدام العلاقة التكرارية:

$$w(k+1) = w(k) + \mu\left[T(k) - w(k)x(k)\right]x(k)$$

شريطة أن تسري العلاقة $0 \le k \le N-1$. وسيتم الوصول إلى المخرج المطلوب عند بلوغ مرحلة ثبوت قيمة الوزن.

٥ ـ تعاود الخطوات ٢ ـ ٤ من جديد.

ب ـ شبكة عصبونية ذات تغذية أمامية

يكثر استخدام هذا النوع من الشبكات العصبونية الاصطناعية في ميادين تطبيقية متعددة. بداية يتم تحديد المتغيرات الآتية التي تلقي الضوء على مكونات الشبكة، وأهدافها:

(١) اختيار وظيفة الشبكة التي سيتم اعتمادها (مثل: التنبؤ، أو التمييز، أو التعميم... إلخ.).

(٢) توفير حجم كافٍ من أنماط المدخلات والمخرجات من البيانات الحقلية.

(٣) تحديد عدد الطبقات التي تتألف منها الشبكة، وعدد العقد العصبونية في كل طبقة من هذه الطبقات.

(٤) اختيار الدالّة اللاخطّية، وقيمة محددة لمعدل التدريب.

(٥) تحديد خاصية خوارزمية إيقاف التدريب.

بعدها يصبح من الممكن تطبيق خوارزمية التدريب كما يأتي:

١ ـ الشروع مع قيم عشوائية قريبة من الصفر للأوزان.

٢ ـ اختيار قيمة التعلّم بحيث تكون منخفضة وموجبة.

٣ ـ توفير معلومات كافية عن نمط المدخلات.

٤ ـ تحتسب قيمة مخرج العصبون من المعادلة الآتية:

$$O_i(k) = f\left(\sum_{i=1}^{n} w_{ij}(k)x_{ij}\right)$$

٥ ـ تحتسب القيمة المعدلة للأوزان من المعادلة الآتية:

$$\Delta w_i = \mu O_i(k)x_{ij}$$

٦ ـ تكرر الفقرات د ـ هـ لحين ثبوت قيمة المخرج والأوزان.

٧ ـ تباشر العملية ثانية مع نمط آخر للمدخل، لنبدأ دورة جديدة من عملية التدريب.

ج ـ استخدام أسلوب الامتداد الراجع (Back Propagation)

تعتمد معادلات تدريبه على العمليات التكرارية(٣٣)، حيث تعتمد الخطوات الآتية:

١ ـ اختيار وظيفة الشبكة التي سيتم اعتمادها (مثل: التنبؤ، أو التمييز، أو التعميم... إلخ.).

٢ ـ توفير حجم كافٍ من أنماط المدخلات والمخرجات من البيانات الحقلية.

٣ ـ تحديد عدد الطبقات التي تتألف منها الشبكة، وعدد العقد العصبونية في كل طبقة من هذه الطبقات.

٤ ـ اختيار الدالّة اللاخطّية، وقيمة محددة لمعدل التدريب.

٥ ـ تحديد خاصيةِ خوارزمية وقف التدريب.

بعدها يصبح من الممكن تطبيق خوارزمية التدريب كما يأتي:

(١) تحديد قيم صغيرة لجميع المدخلات وبصورة عشوائية.

(٢) اختيار أزواج التدريب $(x(k), T(k))$.

(٣٣) Demuth and Beale, «Neural Network Toolbox for Use with MATLAB».

(٣) احتساب المخرجات الحقيقية الناتجة من كل عصبون، وفي كل طبقة من طبقات الشبكة، ابتداء من طبقة الإدخال، ثم السير قدماً طبقة فطبقة، باتجاه بلوغ طبقة الإخراج. وتتم عملية الاحتساب بواسطة المعادلة:

$$O_j^l(k) = f\left(\sum_{m=0}^{N_{l-1}} w_{jm}^l O_m^{l-1}\right)$$

(٤) احتساب قيمة δ_i^l والفرق Δw_{ij}^l لكل مدخل من مدخلات العصبون، وفي كل طبقة من الطبقات، ابتداء من طبقة الإخراج، مع اعتماد التتبع الارتجاعي طبقة فطبقة، إلى حين بلوغ طبقة الإدخال.

(٥) تحديث الأوزان.

(٦) تعاد الخطوات ٢ ـ ٥ من جديد.

وتسري نفس القاعدة المذكورة آنفاً على بقية أنواع الشبكات العصبونية. بصورة عامة يعد برنامج «MATLAB» من البرامج الشائعة الاستخدام مع هذه الشبكات. ويمتاز هذا البرنامج بتوفير بيئة برمجية ثرية تساعد المستخدم على إنشاء نماذج بالغة التعقيد. من جهة أخرى هناك مجموعة كبيرة من البرمجيات التفاعلية التي لا تتطلب من المستخدم معرفة واسعة بالخوارزميات البرمجية مثل: «Easy NN-Plus, Thinker, Neuro Intelligence»، وغيرها كثير يصعب حصره.

ثامناً: التناظر بين أنموذج العصبون والأنموذج الإحصائي

ثمة توافق كبير بين حقول تطبيقات الشبكات العصبونية والإحصاء. وينشأ هذا النوع من التطابق، والتوافق، كنتيجة حتمية لوجود تقارب في بعض الجوانب التي تتصل بالنسق المفاهيمي الذي ارتكزت عليه الطريقتان في تحليل البيانات. فالإحصاء يعنى بتحليل البيانات، ويحاول إيجاد علاقات وصفية تؤشر نحو الأنموذج العشوائي الذي يصف عملية التغيير. وفي الوقت نفسه، تبرز الشبكات العصبونية الاصطناعية بوصفها أداة تسعى إلى توفير نسق استدلال رياضي، قابل للتعميم، من خلال معالجة البيانات التي يغزوها نوع من التشويش والاضطراب.

كثرت البحوث والدراسات التي سعى أصحابها إلى إجراء مقارنات بين النسق المفاهيمي والرياضي للشبكات العصبونية الاصطناعية من جهة، والنماذج الإحصائية

المختلفة من جهة أخرى. وقد أثمرت هذه المحاولات الناجحة في إعداد مقاربات بين اللغة الاصطلاحية المستخدمة في كل من هذين الميدانين الخصبين.

ويظهر في الجدول الرقم (٤ ـ ٥) جانب من أشكال التناظرات المقيمة بين هذه الاصطلاحات في كل من هذين النسقين.

الجدول الرقم (٤ ـ ٥)

التناظر بين اللغة الاصطلاحية للإحصاء والشبكات العصبونية

الاصطلاح الإحصائي	اصطلاح الشبكات العصبونية
المتغير المستقل Independent Variable	مدخل Input
المتغير المعتمد Dependent Variable	مخرج Output قيمة مستهدفة Target قيمة التدريب Training Value
الباقي Residual	الخطأ Error
التقدير Estimation	التدريب Training التعلّم Learning التكيف Adaptation التنظيم الذاتي Self Organization
خاصية التقدير Estimation Criteria	دالّة الخطأ Error Function دالّة التكلفة Cost Function
مشاهدة Observation	نمط Pattern
حساب المعاملات Parameter Estimation	أوزان نقاط الاشتباك العصبوني Synaptic Weights
التفاعل Interaction	عصبونات ذات درجات عالية High Order Neurons
التحويلات Transformation	الارتباطات الوظيفية Functional Links
تحليل الانحدار Regression Analysis	التعلّم المراقب Supervised Learning
تقليص البيانات Data Reduction	التعلّم بدون مراقب Unsupervised Learning
تحليل العنقود Cluster Analysis	التعلّم التنافسي Competitive Learning
التوليد Interpolation الاستقراء Extrapolation	التعميم Generalization

ولأجل توضيح نقاط التقارب المقيمة بين هاتين الآليتين، سنحاول الشروع من الوحدة الأولية للشبكة العصبونية الاصطناعية. فنقول تتألف بنية العصبون من مجموعة

مدخلات تتحول إلى متغيرات مستقلة في ضوء النسق المفاهيمي للإحصاء. وتستخدم دالّة تنشيط (تمتاز بسمة لاخطّية في كثير من الأحيان) لحوسبة المدخلات وإنتاج المخرجات المقابلة لها[٣٤].

يوجد أكثر من نوع من هذه الدوالّ، مثل:

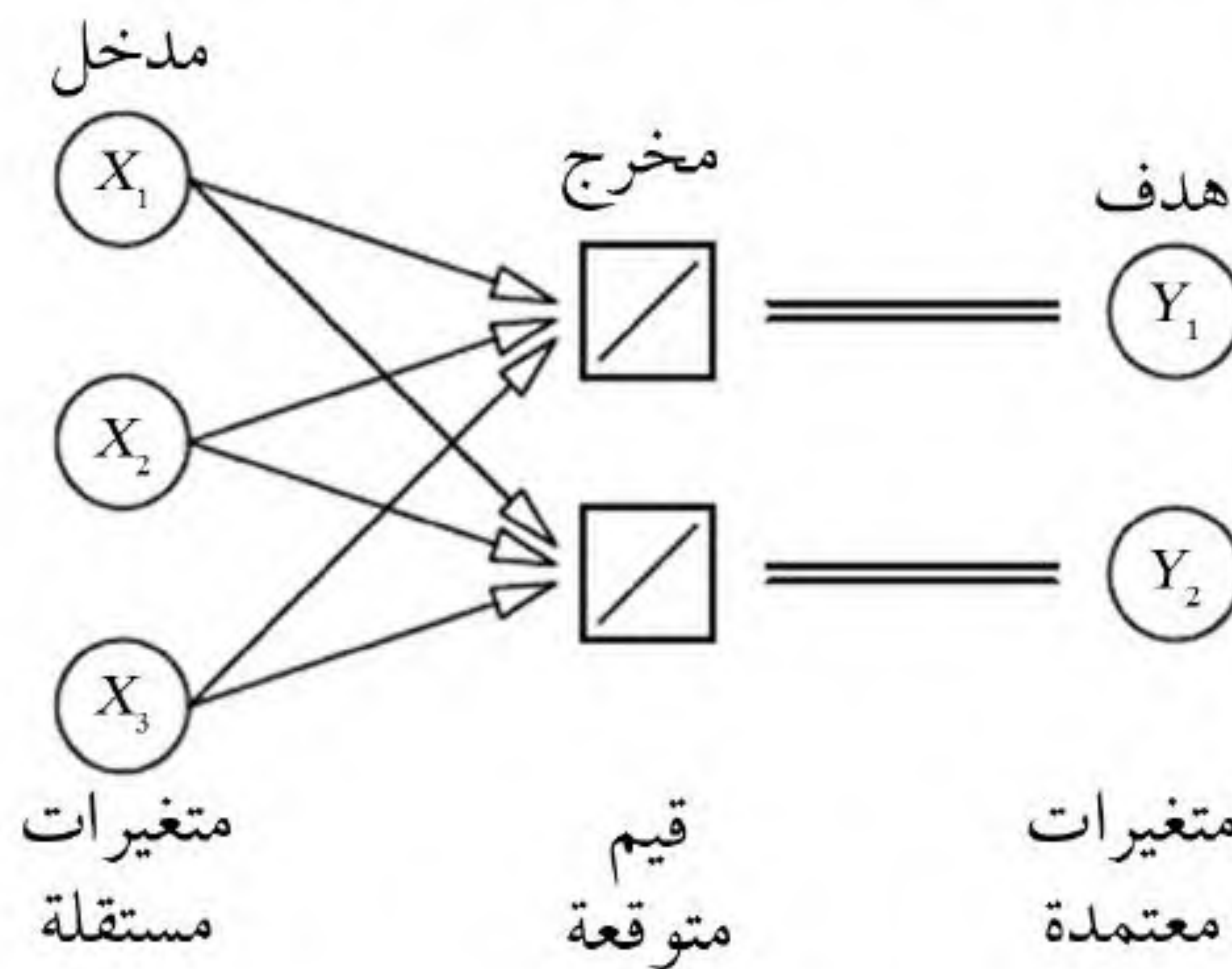
- دالّة خطية.
- دالّة مماس المقطع الزائد (Hyperbolic Tangent).
- دالّة لوغاريتمية (Logistic).
- دالّة عتبة (Threshold).
- دالّة غاوسية (Gaussian).

وتسهم هذه الدوالّ في توجيه المدخلات ضمن مدى محدد تتراوح قيمته من صفر إلى ١، أو -١ إلى ١[٣٥].

ويناظر العصبون ذو الدالّة الخطية أنموذج الانحدار الخطي في ميدان الإحصاء، وقد تتدرج بنيته بين أنموذج «الانحدار الخطي البسيط» (Simple Linear Regression)، باتجاه «الأنموذج الخطي المتعدد» (Multiple Regression)[٣٦]. (انظر الشكلان الرقمان (٤ ـ ٧)، و(٤ ـ ٨)).

الشكل الرقم (٤ ـ ٧)

شبكة عصبونية بسيطة تناظر أنموذج انحدار خطي بسيط



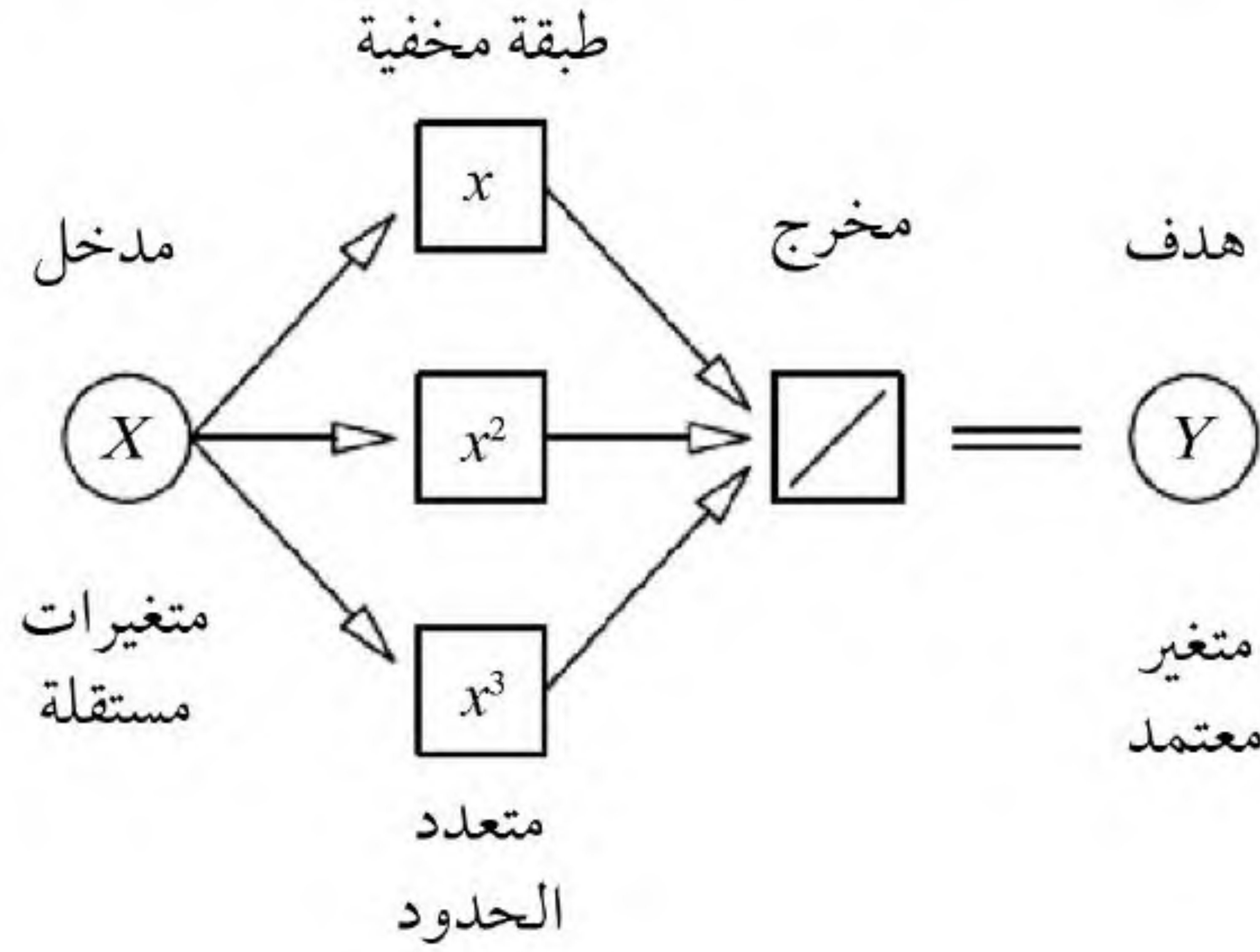
(٣٤) Gorr, Nagin and Szczypula, «Comparative Study of Artificial Neural Network and Statistical Models for Predicting Student Grade Point Averages».

(٣٥) Christian L. Dunis and Jamshidbek Jalilov, «Neural Network Regression and Alternative Forecasting Techniques for Predicting Financial Variables,» *Liverpool Business School* (April 2001).

(٣٦) Sanford Weisberg, *Applied Linear Regression* (New York: John Wiley and Sons, 1985).

الشكل الرقم (٤ ـ ٨)

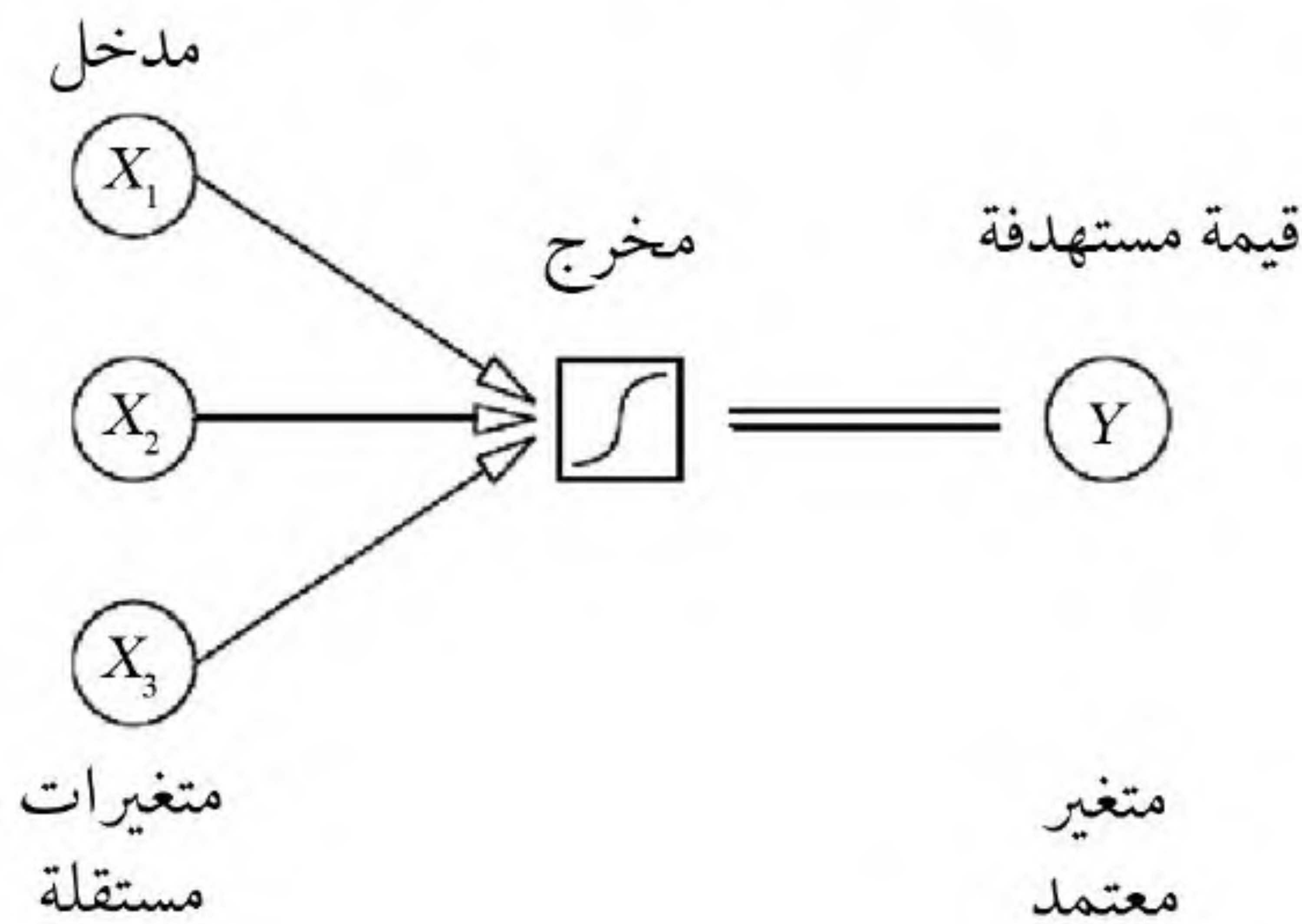
شبكة عصبونية تناظر أنموذج انحدار متعدد الحدود



أما العصبون الذي يحتوي على دالّة تنشيط لوغاريتمية، فتناظر بنيته الرياضية الانحدار اللوغاريتمي (Logistic Regression)[٣٧]. (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ٩)).

الشكل الرقم (٤ ـ ٩)

شبكة عصبونية لاخطّية بسيطة تناظر أنموذج انحدار لوغاريتمي



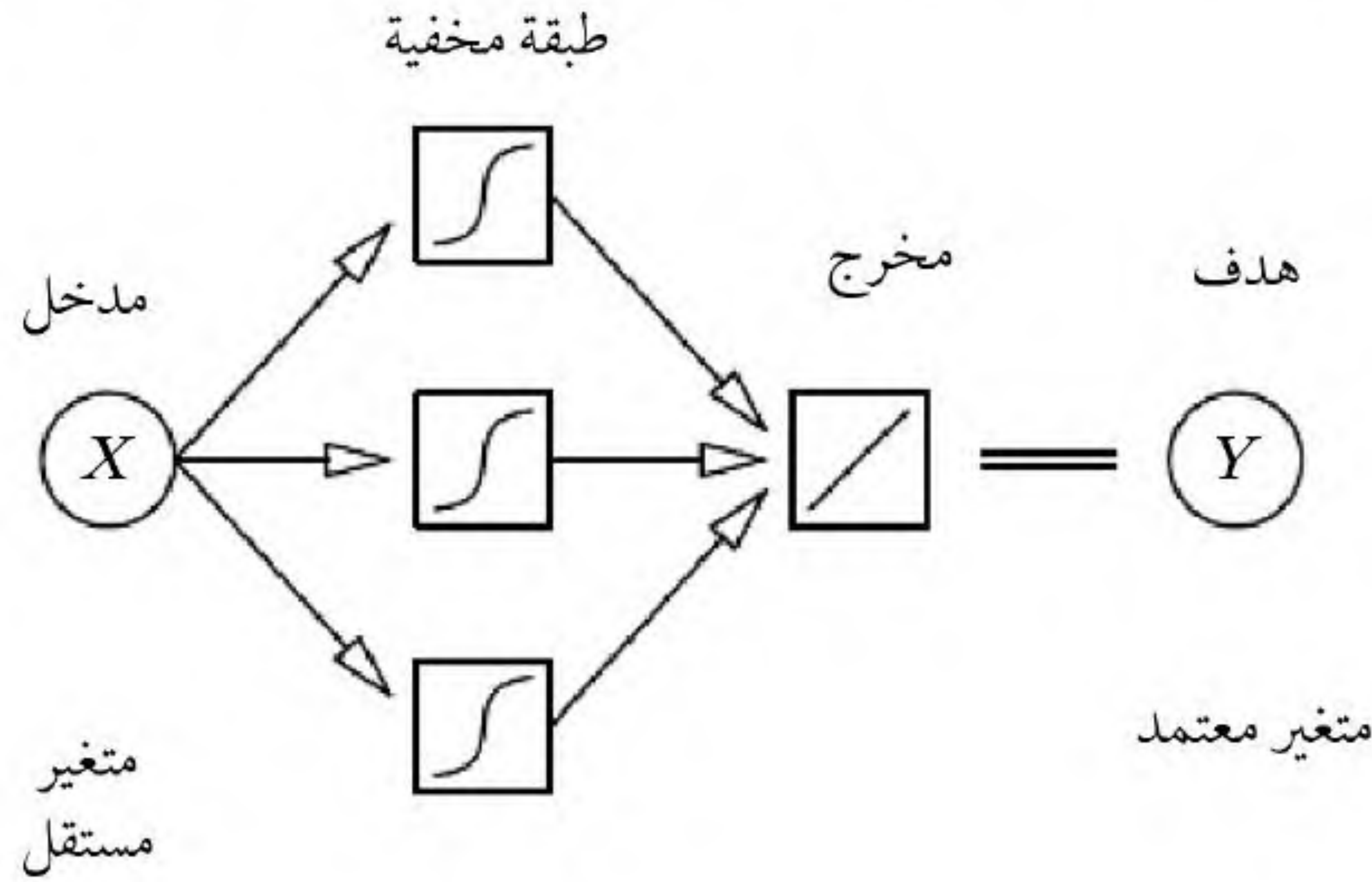
(٣٧) David W. Hosmer and Stanley Lemeshow, *Applied Logistic Regression* (New York: John Wiley and Sons, 1989).

إن إمكانية وجود مخرج واحد، أو مجموعة مخرجات ترتبط بالمدخلات، أو وجود طبقة مخفية واحدة، أو عدة طبقات، تنعكس بوضوح على النسق الإحصائي المعتمد، وتتطلب منا إعادة تشكيل المفاهيم الإحصائية التقليدية لكي تتلاءم مع النسق الذي طرحته آليات الحوسبة العصبونية بمختلف تداعياتها(٣٨). وتبرز أمامنا مسألة تعدد الطبقات المخفية في الشبكة العصبونية، فتلقي بظلال التعقيد الرياضي المصاحب لبنية أنموذجها الرياضي. ونود التنويه بداية إلى أن الشبكات متعددة الطبقات المخفية لا تتطلب احتساب أكثر من فئة واحدة منها(٣٩).

بالمقابل إذا تضمن الأنموذج الأوزان المحسوبة بين المدخلات، والطبقة المخفية المجاورة لها، وكانت دالّة التنشيط المستخدمة في الطبقة المخفية من النوع اللوغاريتمي، فسيصبح الأنموذج من النوع اللاخطّي(٤٠). (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ١٠)).

الشكل الرقم (٤ ـ ١٠)

شبكة عصبونية متعددة الطبقات تناظر أنموذج انحدار لاخطّي بسيط



يعد أنموذج الطبقات العصبونية المتعددة *MLP* من النماذج متعددة الاستخدامات، ويمتاز بمرونة عالية، وقدرة افتراضية مميزة لتقريب أي دالّة بدقة عالية

(٣٨) Sangit Chatterjee and Matthew Laudato, *Statistical Applications of Neural Networks* (Boston, MA: Northeastern University, 1995).

(٣٩) Jason E. Kutsurelis, «Forecasting Financial Markets Using Neural Networks: An Analysis of Methods and Accuracy, United States Navy,» Naval Postgraduate School (California) (1998).

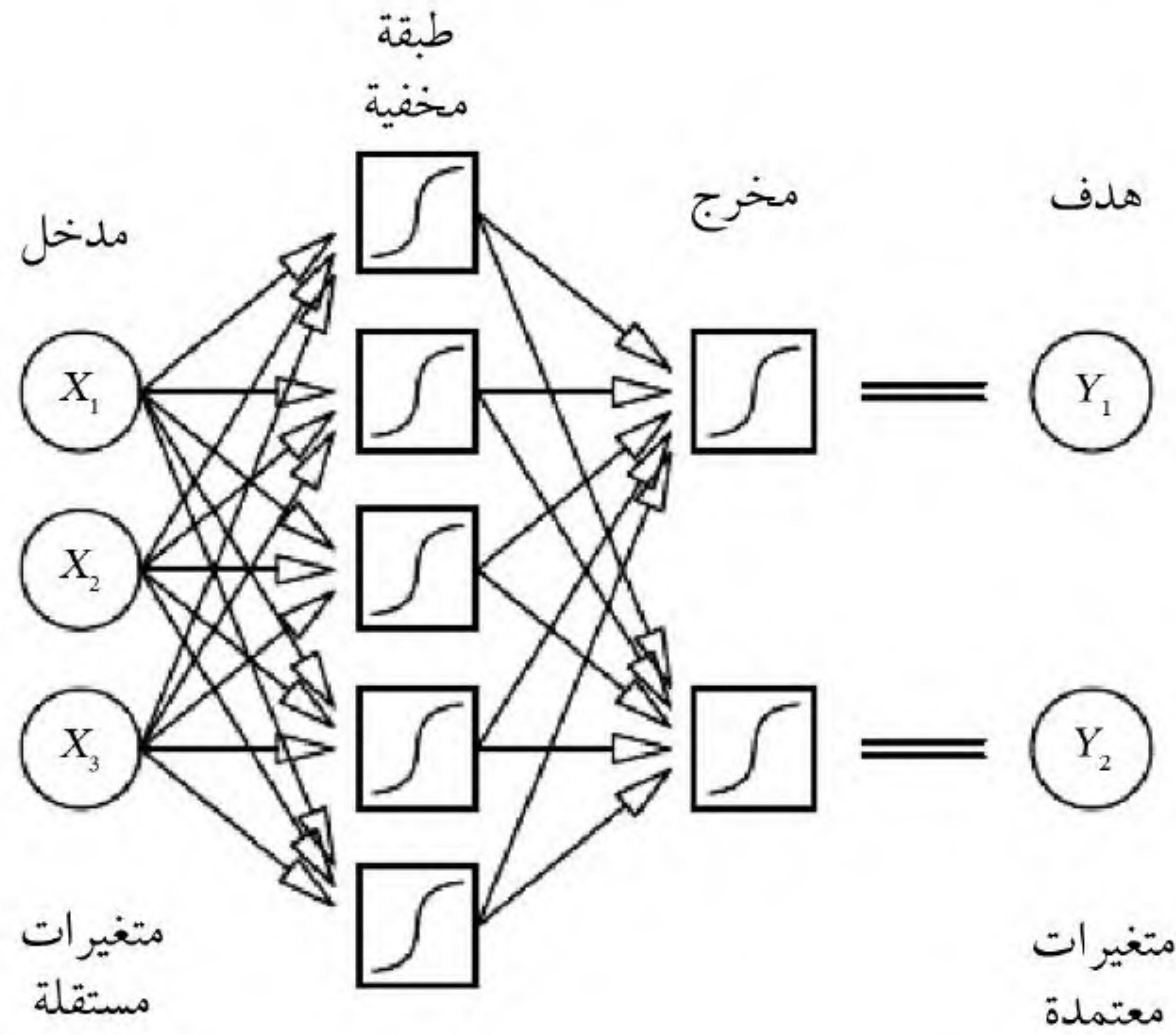
(٤٠) Sarle S. Warren, «Neural Networks and Statistical Models,» Proceedings of the Nineteenth Annual SAS User's Group International Conference (1994).

نتيجة للسمة اللاخطّية التي يتميز بها، مع قدرته على احتواء عدد كبير من الطبقات، والعصبونات الموجودة فيها. من أجل هذا عدّه البعض «أداة تقريب شاملة» (Universal Approximater)[٤١].

كذلك يستخدم هذا الأنموذج عندما تكون معرفتنا شحيحة بطبيعة العلاقات السائدة بين المتغيرات المستقلة، والمتغير المعتمد. ويمكن تغيير درجة التعقيد في هذا الأنموذج في ضوء تغيير عدد الطبقات المخفية، وعدد العصبونات الموجودة فيها[٤٢]. (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ١١)).

الشكل الرقم (٤ ـ ١١)

شبكة عصبونية متعددة الطبقات تناظر أنموذج انحدار لاخطّي متعدد الحدود



وعندما يكون عدد عصبونات الطبقات المخفية محدوداً تصبح الطبقات العصبونية المتعددة من فئة «النماذج العاملية» (Parametric Models) التي تعدّ بديلاً مناسباً لأنموذج «الانحدار الخطي المتعدد» (Polynomial Regression). (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ١٢)).

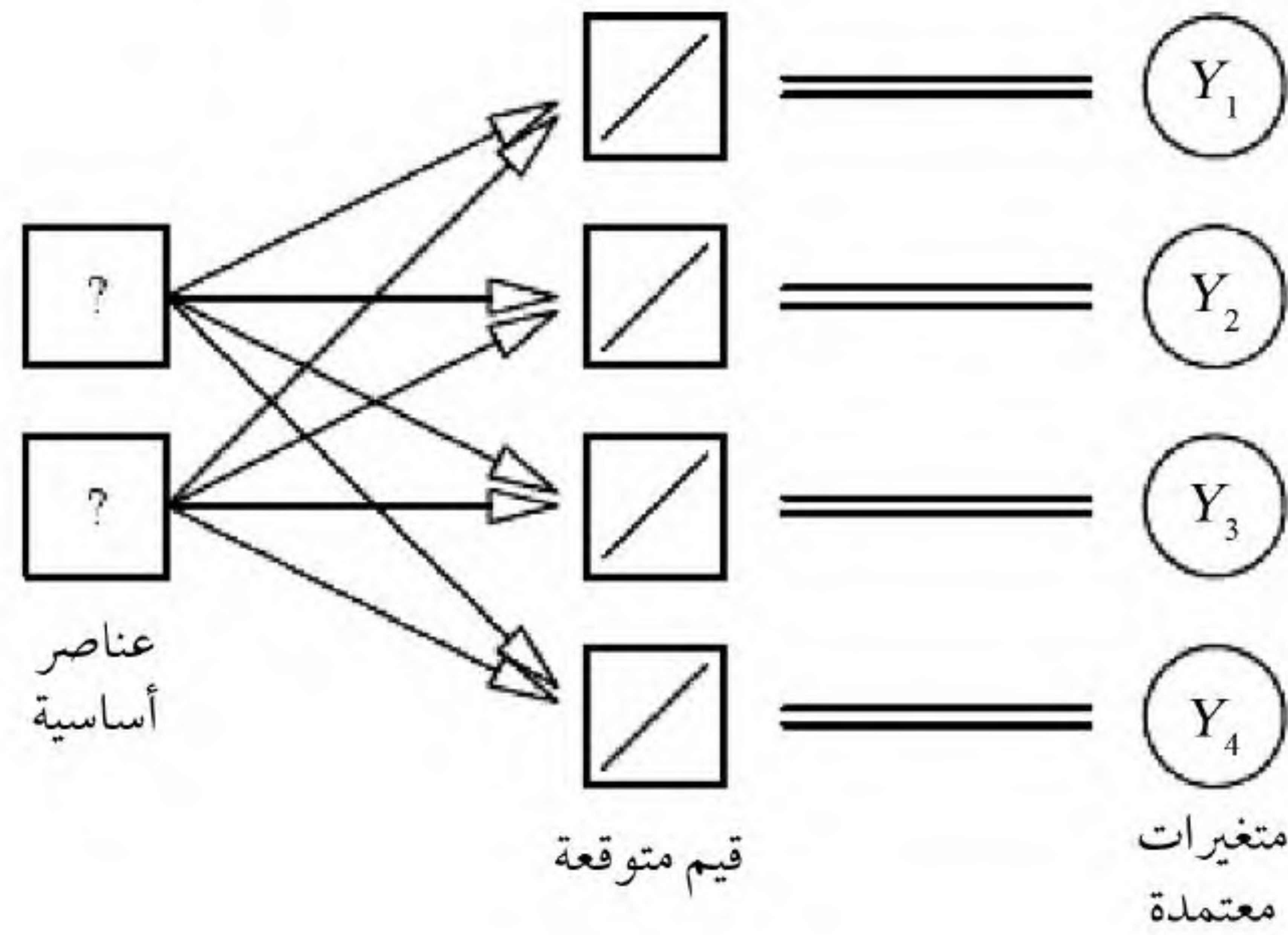
---

(٤١) Halbert White [et al.], *Artificial Neural Networks: Approximation and Learning Theory* (Oxford: Blackwell Publication, 1992).

(٤٢) Warren, Ibid.

الشكل الرقم (٤ ـ ١٢)

التحليل العاملي الأولي بواسطة شبكة عصبونية



وفي حالة الشبكة العصبونية متعددة الطبقات المستخدمة لمحاكاة منحنى أنموذج انحدار لاخطّي بسيط، وباستخدام مدخل واحد، ومخرج خطي واحد، وبطبقة مخفية واحدة، وبدالة تنشيط لوغاريتمية. عند هذه الحالة نلحظ بأن المنحنى يحتوي على أكثر من «منطقة تذبذب» (Wiggles) في ضوء عدد الطبقات المخفية المستخدمة. وتسلك هذه الشبكة المبسطة سلوكاً مشابهاً لأنموذج الانحدار المتعدد إلى حد كبير[٤٣].

ونظراً إلى امتياز هذا النوع من النماذج الإحصائية بمعاملات خطية، فإن عملية «الملاءمة» (Fitting) مع البيانات ستكون سهلة، مع بقاء وجود عقبات تتعلق بالدقة العددية في حال وجود عدد ملحوظ من التذبذبات فيها.

لقد حاول العاملون في ميدان الحوسبة العصبونية، بذل جميع ما في وسعهم لتوسيع دائرة تطبيقات الأنموذج العصبوني على طيف واسع من حقول الواقع. ونجحت كثير من هذه المحاولات في تحقيق أهدافها. بيد أن ما يتوهمه البعض حول السهولة المصاحبة لتوظيف منطق الصندوق الأسود على دراسة الحالات المطروحة، وعدم الحاجة إلى فهم مسبق بالحالة قيد الدراسة، لا يزيد على كونه خرافة علمية لا تستند إلى فهم صحيح بالموضوع.

---

(٤٣) المصدر نفسه.

نحن لا ننكر تجاوز هذا النوع من المعالجة الكثير من العقبات المصاحبة للمعالجات التقليدية، بيد أنه بالمقابل يتطلب فهماً عميقاً بجوانب المسألة، وخبرة رصينة بطبيعة البيانات المستخدمة.

بصورة عامة، يوظف الإحصائيون ذكاءهم الفطري في فهم مكونات العملية الإحصائية المناظرة للواقعة المدروسة، فيعمدون إلى تبني فرضيات، واقتراح نماذج مناسبة، وفحص افتراضات، في محاولة منهم للظفر بمقاربة بين الأنموذج المقترح، ونمط البيانات الحقلية. وهذا يعني وجود حاجة أكيدة إلى ذهن بشري متوقد، مفعم بالخبرات العلمية، وقدرة تحليلية/ تركيبية للتعامل مع البيانات الحقلية، ومهما كانت بساطة الأنموذج المستخدم للتعامل معها. وكذلك الحال مع الشبكات العصبونية الاصطناعية، ودون أن يكون ثمة تعارض بين أنساقهما المفاهيمية. ونأمل أن توفر لنا البحوث المتقدمة في هذين المضمارين التحليليين المزيد من نقاط التقارب، وأن تتوافر أمامنا فرص أفضل لتكامل الأداء المشترك عند التعامل مع البيانات الميدانية.

تاسعاً: تطبيقات عصبونية في ميدان العلوم الإسلامية

تتوافر أمامنا أكثر من فرصة لاستثمار القدرات الفريدة التي يمتلكها أنموذج الشبكة العصبونية للتعامل مع مادة الخطاب الإسلامي واستنباط فوائد متعددة توجّه مسارات فكرنا نحو فهم أفضل لمادة نصوصه. وسنحاول أن نعالج هذه التطبيقات عبر مجموعة من المحاور التي ستسهم في إنارة الطريق أمام توسيع هذه التطبيقات، وتعميق مستوى ولوجها في مادة النص، من جهة، وفتح آفاق جديدة لتطبيقات من نمط جديد، توسع مستوى حضور نماذج الشبكات العصبونية في معالجات فضاء الفكر الإسلامي، بمختلف فروعه من جهة أخرى.

١ ـ المحور الأول: تحليل محتوى النصوص

تعدّ عملية التحليل الآلي لمحتوى النصوص من التحديات الكبيرة لتطبيقات المحوسبة، كما أنها تمثل في الوقت ذاته منهلاً خصباً لاستخلاص العصارة المعرفية من أكداس النصوص المتكاثرة التي ينتجها الانسان المعاصر. وتظهر الإحصاءات والدراسات أن نحو ٩٠ بالمئة من النتاج المعرفي البشري ينتشر في أكداس هائلة من الوثائق، والكتب، والبحوث، والدوريات، والمجلات، ومواقع الويب، وسيل البريد الالكتروني ضمن «نصوص غير مهيكلة» (Unstructured Text) دوّنت باللغة الطبيعية

(Natural Language). وقد أثبتت البحوث فشل النهج الإحصائي في استخلاص المادة المعرفية، وبقيت معالجاته حبيسة في جداول، وإحصاءات، ومخططات رسومية حاولت طرح مقارنات ومفاهيم إحصائية تبتعد عن فحوى الخطاب الذي قد استودع في هذه النصوص، وبقيت تخاطب الإحصائيين، مع عدم قدرتها على التواصل مع أصحاب الحقل المعرفي الذي يروم سبر محتوى هذه الأكداس، لتقطير المعاني، وإنشاء خلاصات للوثائق، وقواعد معرفية داعمة.

وهناك سلسلة من المحاولات التي سعى من خلالها العاملون في ميدان الذكاء المحوسب إلى توسيع مستوى مقبول من تحليل محتوى النصوص، تمهيداً لإنشاء نماذج محوسبة قادرة على معالجة خطاب اللغة الطبيعية بأسلوب يقارب آليات الذهن البشري. وركّزت هذه الدراسات اهتماماتها بإنشاء تمثيل دلالي لعبارة اللغة الطبيعية وفق نسق يصف العلاقات الرابطة بين الكلمات المحورية التي تتألف منها مادة النص. وبدأت مجموعة متنوعة من النماذج اللغوية تعالج جمل اللغة الطبيعية ومكوناتها من البنى الصرفية والنحوية التي تلتحم مع النسيج الدلالي للمحتوى. ومتى بلغ الأنموذج مستوى مقبولاً من التوافق مع بنية الجملة، من جهة، ونسيجها الدلالي، من جهة أخرى، ضمنت قدرته على فهم مفردات النص، ومقاربته للذهن البشري في تحليل المضمون، وسبر المعاني.

وتكمن الصعوبة التي تشخص أمام هذه المعالجات في وجود حاجة إلى إنشاء كم هائل من النماذج التي تناظر البنى اللغوية المتعددة، فمثلاً سنكون بحاجة إلى أنموذج للجملة الاسمية، وآخر للجملة الفعلية، وهكذا دواليك، بحيث يصعب التعامل مع النص بوصفه بنية لغوية متكاملة، ويبرز التناقض، هنا وهناك، عند معالجة النصوص العملاقة.

وقد نجحت الشبكات العصبونية الاصطناعية في ولوج هذا الميدان، فبلغت نتائج مشجعة على صعيد تحليل محتوى النصوص غير المهيكلة من خلال تحليلها بنمط يشابه تدفق النبضات في عصبونات العقل البشري، ولحجم محدد من النصوص. ولعل أحد العقبات التي اعترضت هذا النمط من المعالجة كانت بسبب اعتماد أسلوب موحّد بمعالجة كامل مادة النص، فناقض البنية اللغوية للنص وتجاهل الكثير من سماتها المميزة، فجاءت المعالجة قاصرة في بعض جوانبها، ولم تستوعب جميع فضاءات شبكته الدلالية.

ولتجاوز هذه العقبة ينبغي أن يُعتمد نمط جديد من المعالجة الهجينة التي تتعامل مع النص بوصفه تعاقباً من الرموز التي تتراكب مع بعضها البعض لتكوين بنى لغوية مختلفة (حروف/ أسماء/ أفعال/ ...) وتتجمع هذه البنى ضمن بنية أكثر شمولاً في سياق جملة. بالمقابل، يباشر في إنشاء شبكة عصبونية تتألف معماريتها من مجموعة طبقات، وتحتوي كل طبقة من هذه الطبقات على مجموعة من العصبونات. ثم نبدأ بإيداع المقاطع التي تتكرر لأكثر من مرة في العصبونات التي تقع في الطبقات العليا من الشبكة. وتقوم هذه الشبكة العصبونية بتمييز المعاجم المتعددة المستويات، التي ابتنيت على مستوى الحضور التكراري للبنى اللغوية المختلفة (الحروف، والكلمات، والاصطلاحات، والبنى الصرفية، والجذور).

ولكي تكون عملية التحليل أكثر فاعلية، سيكون لزاماً علينا التوجه نحو استبعاد الحروف، والضمائر، والتوابع التي لا تمتلك معنى، ولا يحضر لها دلالة في نسيج النص، وبلوغ جذور الكلمات، أثناء عمليات استبعاد البادئات، واللواحق، والنهايات الصرفية. ويطلق على هذه المرحلة: مرحلة المعالجة الابتدائية. فعلى سبيل المثال، الكلمات: بدعة، مبتدع، بديع، بدعاً سيتم تمييزها وفق الجذر «بدع» وتعد بقية الكلمات أبنية صرفية لهذا الجذر.

ويتطلب الحصول على آلية معالجة ابتدائية فاعلة ممارسة سلسلة من عمليات صقل ومراجعة أداء نظام الشبكة العصبونية ومستوى توافقها مع اللغة العربية، وذلك لضمان قدرة الأنموذج العصبوني على استبعاد اللواصق والملحقات وتوابع الكلمات. ويمكن استثمار البنية العصبونية ذاتها في بناء أداة استبعاد أكثر فاعلية للبنى اللغوية التي لا تستأثر باهتمام عملية التحليل التي نمارسها على النصوص المنتخبة.

أما عندما نمارس تحليل نصوص تعود إلى مصنفات ضخمة مثل: **فتح الباري في شرح صحيح البخاري** لابن حجر العسقلاني، أو كتاب **المبسوط** للسرخسي، أو **التفسير الكبير** للإمام الفخر الرازي، حيث يشخص أمامنا نصوص تتجاوز بضع عشرات من المجلدات، وحيث تحضر نصوص تعالج مسائل متنوعة تمتد على عموم فضاء المعرفة الإسلامية، سيتغير نمط المعالجة فتتحول المقاطع الأكثر حضوراً بهذه النصوص لتستقر في خانة الكلمات المفتاحية والبنى الصرفية.

وتوفر لنا هيكلة الشبكة العصبونية (من خلال التعامل مع مقاطع الكلمات المختلفة) فرصة ثمينة لاقتناص الكلمات المفتاحية والبنى الصرفية، دفعة واحدة، في

الوقت ذاته وبنمط مؤقت. وينبغي أن نلفت الانتباه إلى أن المعالجة الابتدائية تعد الموطن الوحيد لحضور دور اللغة في المعالجات العصبونية، أما بقية المراحل اللاحقة فيغيب دور هوية اللغة تماماً، وتبقى المعالجات ملتصقة بالرموز والشيفرات البرمجية التي لا تميز بين أبجدية اللغة العربية، وبقية اللغات الحيّة.

وبمجرّد توظيف مستوى العتبة (الذي تم الحصول عليه من النص المعالج) بوصفه محدداً لأداء منظومة الشبكة العصبونية، سنكون قادرين على فصل جذور الكلمات المهمة، والأسماء المهمة عن بقية مادة النص، لنكون قادرين على ممارسة المزيد من عمليات التحليل والتفسير لمادتها، ومستوى حضورها. ورغم عملية الاستبعاد التي مورست على تلك الأجزاء فإن هذا الأمر لا يعني استبعادها كلياً عن المشهد الذي تمارسه الشبكة، والتي تحتفظ بالمعلومات عن جميع كلمات النص.

وإذا افترضنا أننا نرغب في استبعاد جميع البنى اللغوية التي لا تمتلك معنى، ومعالجة المعلومات المهمة فحسب، فإن العقد العصبونية للأنموذج العصبوني المستحدث سوف تحتفظ بجميع الكلمات المهمة، مع الترابطات المقيمة بين الكلمات، إضافة إلى الحضور التكراري للكلمات داخل حدود النص.

بالمقابل، يمكن للنظام أن يحدد أهم المفاهيم السائدة بالنص من خلال إنشاء الشبكة الدلالية للمحتوى، وتحويله إلى شكل قائمة مشجّرة من المواضيع المتداخلة، والمرتبة بحسب الأهمية التنازلية. ويصار إلى ذلك من خلال تقطيع الارتباطات التي تصف العلاقات الضعيفة واستبدال علاقات محددة (غير مباشرة) بالعلاقات المباشرة والحميمة. وتسهم هذه العملية بإبراز هيكلة المقاطع الموضوعية والمفاهيمية داخل حدود النص الذي نعكف على تحليل مادته.

وللارتقاء درجة إضافية عبر طريق تحليل المحتوى، تبرز أمامنا فرصة توظيف «المعالجات العنقودية» (Cluster Analysis) حيث يمكن أن نستبعد تلك الارتباطات الموجودة في مشجّر المواضيع التي يقل وزن حضورها عن مستوى العتبة التي نريد اعتمادها في عملية التحليل. وفي هذه الحالة سيكون لزاماً علينا المباشرة بتفكيك هيكلة المواضيع لمثل هذه النصوص إلى مجموعة من الجزر المعرفية، التي تمثل كل منها مادة معرفية منفصلة (مثلاً: إذا كنا نمارس عملية تحليل محتوى **التفسير الكبير** للإمام الفخر الرازي، يمكن أن نتناول المسائل العقدية ضمن محور، والأحكام الفقهية في محور ثانٍ، والمسائل اللغوية في محور ثالث) لكي تكون أسهل تناولاً

في عملية التحليل، ومعالجة المفردات الموضوعية، وصناعة مشجّرات المفاهيم والمبادئ.

أما الخطوة الأخيرة فتتجه نحو إعداد خلاصة للمحتوى التي باتت ضرورية للمراجعة السريعة. وفي هذه الحالة يمكن أن نستثمر الشبكة الدلالية لأنموذج الشبكة العصبونية لتحديد أوزان الجمل والعبارات الواردة في النص، فكلما تزايد عدد المفاهيم الدلالية في جملة من الجمل، وكلما تعمّق ارتباط المفهوم الأكثر تكراراً، مع حضور ارتباط معنوي مع غيره من المفاهيم الأساسية، أصبحت الجملة تمتلك وزناً فاعلاً في الحضور الدلالي داخل النص. بعدئذ تبدأ الشبكة العصبونية بتجميع الجمل والعبارات ذات الأوزان التي تتجاوز مستوى العتبة الذي سنتبناه في عملية التلخيص. وعلى هذا الأساس ستتوافر بين أيدينا فرصة لتوليد أكثر من مستخلص وفق مستوى العتبة الذي سنختاره مفتاحاً لوصف مادة خلاصة المحتوى.

وسنحاول أن نورد مثالاً على التحليل المحوسب لمجموعة المؤلفات التي عالج بها المستشرق الأمريكي دانيال بايبس مجموعة من النصوص الإسلامية وأوغل في بث سمومه المناهضة للإسلام في مادتها الملفقة(٤٤).

(٤٤) وُلِدَ دانيال بايبس في ٩ أيلول/ سبتمبر عام ١٩٤٩ في بوسطن بالولايات المتحدة الأمريكية لأب يهودي ذي أصول بولندية. حصل على شهادة البكالوريوس في التاريخ من جامعة هارفارد عام ١٩٧١، بعدها بدأ بدراسة اللغة العربية، ووجه عنايته باتجاه تاريخ الشرق الأوسط، ثم توجّه إلى القاهرة فأقام فيها لمدة ثلاث سنوات فأتقن اللغة العربية ودرس القرآن الكريم.

بعد أن أكمل غايته من رحلته للقاهرة، شدّ رحاله إلى هارفارد لإكمال دراسته الأكاديمية فحصل على شهادة الدكتوراه عام ١٩٧٨ بموضوع التاريخ الإسلامي بالقرون الوسطى، ثم لم يلبث أن حوّل مادة أطروحته إلى كتابه الأول الذي رأى النور عام ١٩٨١ وكان عنوانه **جيش المماليك والإسلام** (*Slave Soldiers and Islam*). ثم مارس حياته الأكاديمية يدرّس تاريخ العالم والتاريخ الإسلامي في جامعات أمريكية، ثم توجّه بدراساته نحو الإسلام المعاصر في نهاية الثمانينيات.

وقد شرع بالنشاط السياسي فتقلّد عدة مناصب مهمة في وزارتي الخارجية والدفاع، وعمد إلى تأسيس منتدى الشرق الأوسط (Middle East Forum) الذي يُعَدّ عضواً في الهيئة التي ترعى المعهد الأمريكي للسلام (U.S. Institute of Peace). وقد بدأت مقالاته تتبوأ أعمدة ثابتة في مجموعة كبيرة من الجرائد والمجلات الأمريكية مثل: *Washington Post*، *New York Sun*، *Front Page Magazine*، *New York Times*، و*Wall Street Journal*.

يُعَدُّ دانيال بايبس من الناشطين المناهضين للتيار الإسلاموي (Anti-Islamist Activist) ويعمل جاهداً لتأسيس معهد مناهضة الإسلامويين (Anti-Islamist Institute AII). وفي الوقت نفسه بدأ بالتعاون مع ستيفن شوارتز (Stephen Schwartz) لتأسيس مركز جديد تحت اسم مركز التعددية الإسلامية (Center for Islamic Pluralism CIP) الذي يهدف إلى التصدي لآثار الإسلام المسلّح بين المسلمين الأمريكان.

وقد أنشأ في الألفية الجديدة منظمة لها موقع على الإنترنت هي Campus Watch تسعى إلى الكشف عن التيارات المعادية للولايات المتحدة الأمريكية وإسرائيل. ويحتل الآن مقعد أستاذ مميز في جامعة Pepperdine ويدرّس مادة العلاقات الدولية: الإسلام والسياسة. =

يظهر الجدول الرقم (٤ ـ ٦) تفاصيل التحليل السطحي لنصوص المستشرق التي بوشرت عملية تحليل محتواها:

• ارتفاع الكثافة المعجمية لدى هذا المستشرق (٧٢,٩ بالمئة) الذي يمنحه القدرة على زيادة ثراء الخطاب لضمان إحداث تأثير ملموس في المتلقّي.

• انعكست آثار ارتفاع الكثافة المعجمية بوضوح على معامل سهولة تناول النص الذي بلغت قيمته ٢٧,٣، فارتقى بالخطاب إلى مستوى مقبول بالميزان الثقافي والأكاديمي.

• حرص المستشرق على استخدام جمل طويلة (وصلت كلمات بعضها إلى ٧٨ كلمة في الجملة) لضمان تأثير ملموس في القارئ من خلال شدّه نحو قراءة عبارات مشحونة بمفردات تؤثر في منظومته المفاهيمية.

• يظهر معامل «Gunning-Fog Index» أن النص المطروح يتطلب من قارئه ثقافة لا تزيد على (٨ سنوات تعليم) الأمر الذي يؤكد أن مادة النصوص المطروحة لم تغيّب مادته عن متناول القراء العاديين الذين يستطيعون الوصول إلى دليل الخطاب.

الجدول الرقم (٤ ـ ٦)

تفاصيل نتائج عمليات التحليل السطحي لنصوص المستشرق

متغير تحليل النصوص	القيم
عدد المفردات المتباينة	٢١٥
الكثافة المعجمية	٧٢,٩ بالمئة
معامل سهولة القراءة Gunning-Fog Index	٨

يتبع

= وقد طارت شهرته بالآفاق وعلا نجمه في هذا المجال بحيث ذهب البعض إلى اعتباره من أكثر المحللين الغربيين فهماً لحجم التهديدات المصاحبة للحركات الإسلامية المسلحة. وأطلقت عليه صحيفة *Wall Street Journal* لقب المفسّر الجديد بالاعتماد عن مسائل الشرق الأوسط.

بيد أن أحد المؤرخين الكبار مثل كريستوفر هتشينز (Christopher Hitchens) وهو من المعادين للتيارات الإسلامية الأصولية، اتهم بايبس بأنه غير قادر على رؤية الوجه الحسن من العالم الإسلامي!، وهو داعية لمناهضة الإسلام، والعلم لا يقبل بالدعاة. أما الكاتب توماس ليبمان (Thomas W. Lippman) فذهب في تعليق له في جريدة **الواشنطن بوست** على أحد كتب بايبس، أن الأخير يمكن أن يعد أنموذجاً حيّاً على تعكير مبدأ كراهية المسلمين لأنه يعرض في مواضع من كتابه احترامه للمسلمين، بينما يكرر باستمرار ازدراءه واحتقاره لهم في مواضع أخرى!

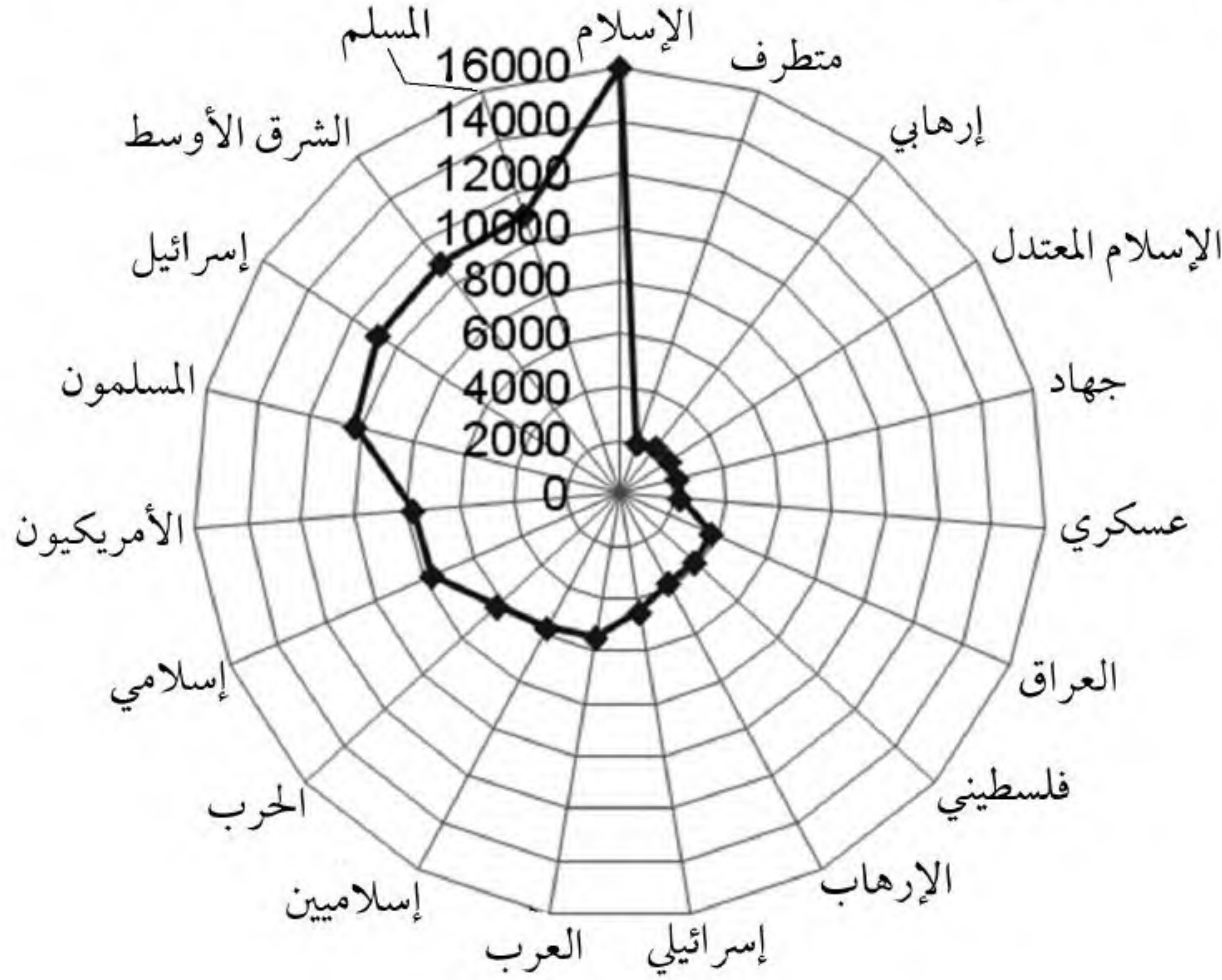
تابع

متوسط المقاطع اللفظية للكلمة	١,٩٧
متوسط عدد الكلمات في الجملة	١٢,٧٦
أعلى عدد كلمات في الجملة	٧٨
سهولة تناول النص (Readability)	٢٧,٣

أما على صعيد التحليل العميق لمحتوى النصوص، فشملت تتبع وإحصاء أكثر الكلمات وروداً فيها فأودعناها في الشكل الرقم (٤ ـ ١٣).

الشكل الرقم (٤ ـ ١٣)

نمط توزيع الكلمات المهمة في نصوص المستشرق دانيال بايبس



ويبدو واضحاً من البيانات الظاهرة في هذا الشكل أن دانيال بايبس قد وجه جل اهتمامه إلى الإسلام بوصفه ظاهرة دينية اكتسبت صبغة سياسية، فأضحت ذات تأثير ملموس في مسائل متعددة في عالمنا المعاصر. وللتمهيد لعمليات أكثر عمقاً في تحليل نصوصه، فقد لجأنا إلى تقسيم مفرداته الجوهرية إلى المحاور التي أودعناها في الجدول الرقم (٤ ـ ٧).

الجدول الرقم (٤ ـ ٧)

المحاور المفاهيمية لأكثر الكلمات وروداً في خطاب بايبس الاستشراقي

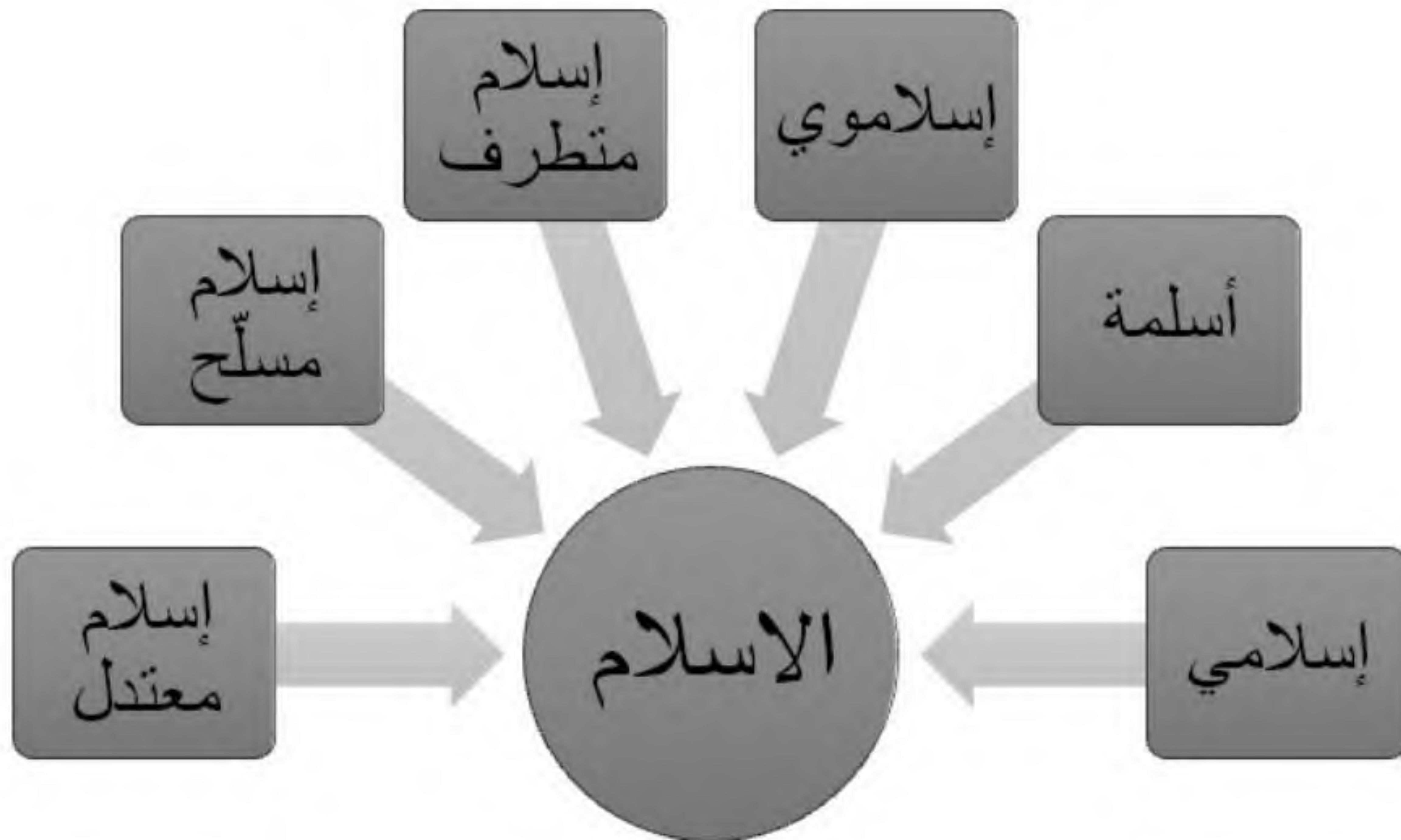
المحور المفاهيمي	المفردات الملحقة بالمحور
الانتماء إلى الدين الإسلامي	• الإسلام بوصفه المورد الذي يستمد منه المسلم ثوابته العقدية. • المسلم بوصفه محمولاً لجملة من السمات التي يتميز بها المجتمع ومنظماته الدينية. • المسلمون بوصفهم جماعة تنتمي إلى الدين الإسلامي وتنتظم تحت مظلة نسقه العقدي.
التيارات الإسلامية	• الإسلام المعتدل بوصفه تياراً يبتعد عن مبدأ المواجهة مع الغير ويوظف النصوص التي تدعو إلى الموعظة الحسنة وتطبيق مفردات فقه الواقع. • الإسلاميون بوصفهم تياراً أصولياً يعتمد مبدأ الجهاد لنشر رسالة الإسلام ومواجهة التيارات المناوئة بالسيف. • التطرف بوصفه مظهراً من مظاهر المعالجة الفقهية المتشددة لنصوص التراث الإسلامية.
المشهد السياسي العولمي	• العرب بوصفهم محور الصراع القائم في المشهد السياسي الذي تناوله بايبس. • الإسرائيليون بوصفهم الخصم المباشر للعرب. • الأمريكيون بوصفهم الجهة الراعية لإسرائيل التي تقود المشهد السياسي العولمي في المنطقة العربية. • الإرهاب بوصفه مظهراً من مظاهر المواجهة بين التيارات الإسلامية الأصولية في مواجهتها غير المتكافئة مع الولايات المتحدة وإسرائيل. • الحرب بوصفها التعبير الذي يصف المواجهة القائمة في المشهد السياسي المعاصر في المنطقة العربية. • (فلسطين/ العراق/ الشرق الأوسط) الرقعة التي تمتد عليها عناصر المواجهة السياسية والدينية بين الأطراف المتنازعة في المشهد السياسي.

ولترجمة مفردات النسق المفاهيمي الذي تلمّسنا جانباً منه خلال التحليل الأولي لنصوص بايبس، حاولنا إدراج هذه المفردات في تحليل محوسب لمجمل خطابه الاستشراقي الذي وظفه لمعالجة المسائل الساخنة في ملف الإرهاب بمنطقة الشرق الأوسط. وقد وضعنا نصب عيني المعالجة المحوسبة كشف العلاقات الحميمة التي تربط بين أهم المفردات السائدة في خطابه، والتي تدور في فلك إشكالية مواقف التيارات الإسلامية الأصولية تجاه المشهد السياسي العولمي وأطراف النزاع المختلفة.

ولبيان بعض خصائص النسق المفاهيمي لدانيال بايبس في معالجاته المتكررة للخطاب الإسلاموي المعاصر، حاولنا سبر الاصطلاحات السائدة في خطابه الاستشراقي. فشرعنا بالخطوة الأولى لإيجاد مسالك وتشعبات توظيف الكلمات ذات الصلة بالإسلام في خطابه، فظفرنا بالشكل الرقم (٤ ـ ١٤). أما فئات المسلمين في خطابه فقد أودعناها في الشكل الرقم (٤ ـ ١٥)، بينما يظهر الشكل الرقم (٤ ـ ١٦) الارتباطات القائمة بين الإرهاب والتيارات الإسلامية، ومختلف الهويات الإسلامية ضمن البيئة التي تستوطن فيها منظومة الإرهاب وفق النسق المفاهيمي الاستشراقي لديه.

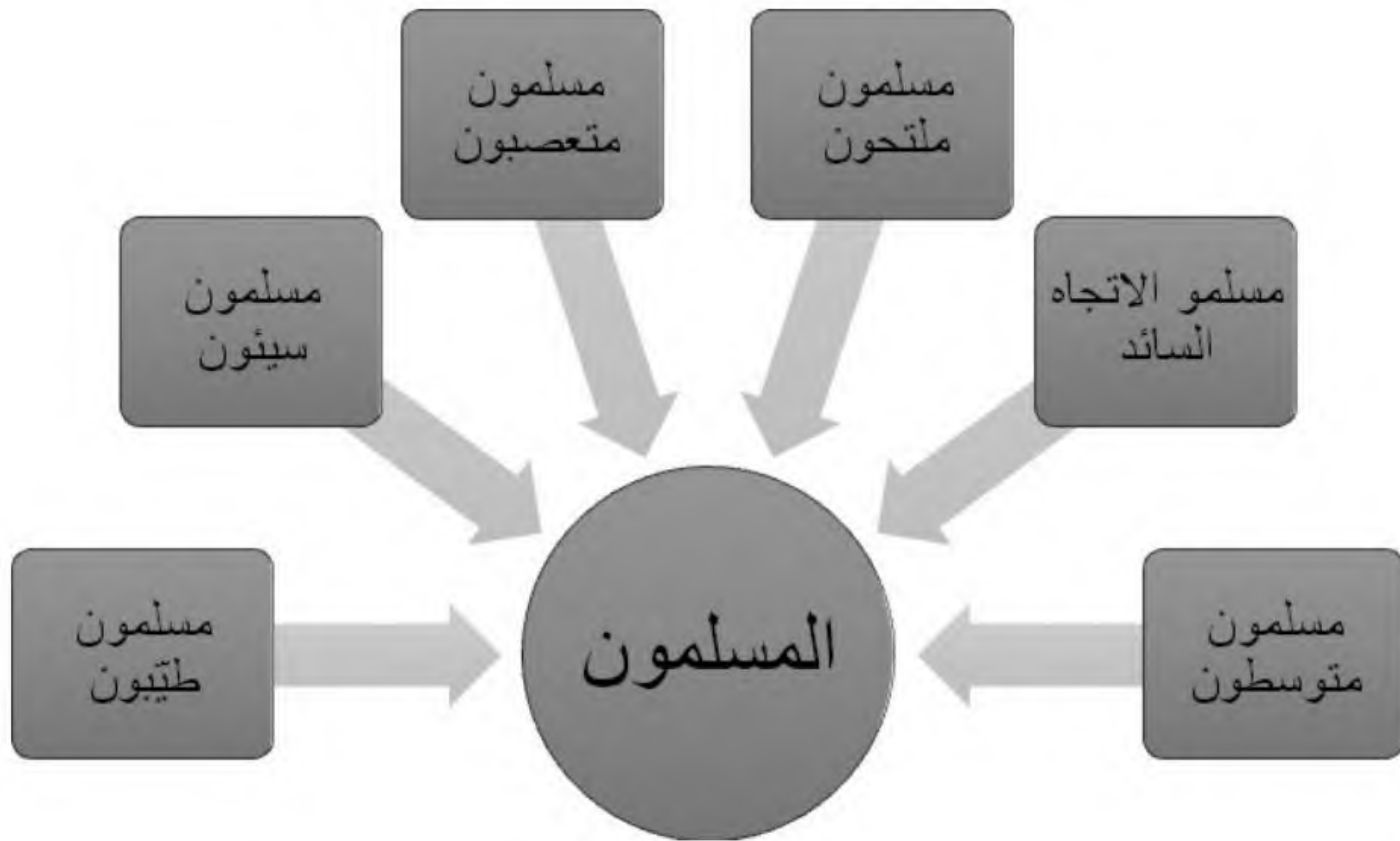
الشكل الرقم (٤ ـ ١٤)

أهم الاصطلاحات التي وظفها بايبس
في خطابه الاستشراقي حول التيارات الإسلامية



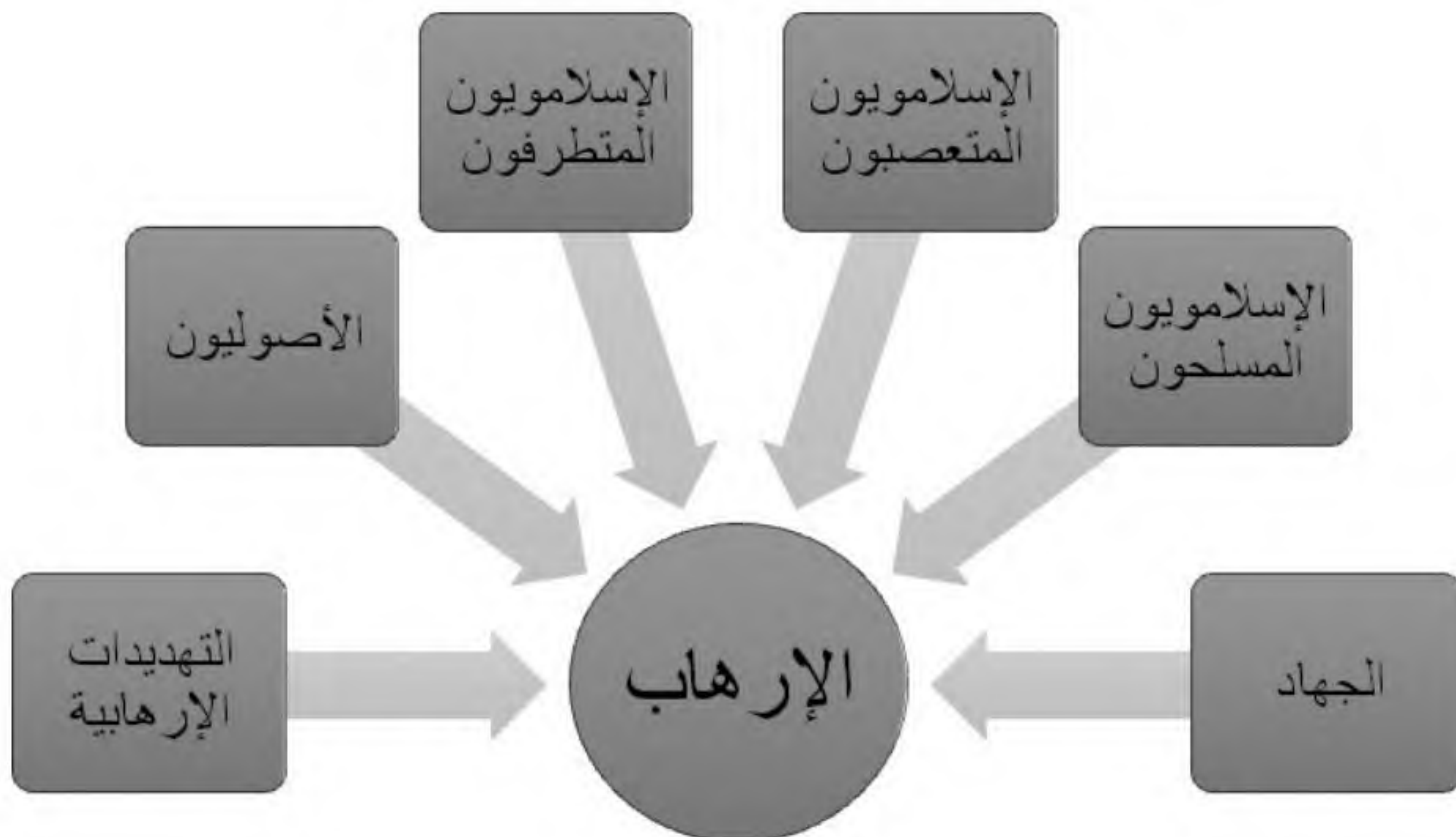
الشكل الرقم (٤ ـ ١٥)

فئات المسلمين في الخطاب الاستشراقي لبايبس



الشكل الرقم (٤ ـ ١٦)

موارد منظومة الإرهاب الإسلامي (كما يراها بايبس)



ولسبر دلالة التوظيف المفاهيمي للاصطلاحات (في ضوء الأشكال الأرقام ١٤، ١٥، ١٦) شرعنا بإعادة ترتيب ورود الاصطلاحات في دائرة كل شكل من هذه الأشكال، بحيث حصلنا على خارطة مفاهيمية تظهر فيها تضاريس استخدام هذه الألفاظ في كل محور من هذه المحاور، حيث يتباين اهتمام بايبس بهذه المفردات بحسب الخطاب الاستشراقي/ السياسي الذي أودعه في نصوصه (انظر الجدول الرقم (٤ ـ ٨)).

الجدول الرقم (٤ ـ ٨)

تضاريس استخدامات بايبس للاصطلاحات الإسلامية[(٤٥)]

المحور	الاصطلاحات ومستويات ورودها
الإسلام والأسلمة	الإسلام١٥٩٦، المسلمون١٧٠٠، إسلامي٢٦٨، إسلاموي٩٥، أسلمة٤.
فئات المسلمين	مسلمون ملتحون٧٨، مسلمون متعصبون٣٠، مسلمون سيئون١، مسلمون طيبون١٤، متشددون٣٧، متطرفون٢٧٤، فاشيون٣، معتدلون١٣٣١، أصوليون٤١٩.
الإرهاب والتيارات الجهادية	إسلاميون متطرفون١٢٠٧، إسلاموي مسلّح١١٨٣، إرهاب١٠٩١، إرهابي١٦٥٥، إرهابيون١٢٣٩، ظاهرة الإرهاب٢٥٩٢، تهديد٩٧٩، جهاد٨٣٠، جهادي٧٢، جهاديون٤٥، التيار الجهادي١٥، جهادوي٦٤، تيار أصولي١٣٠، إسلاموي معتدل١، تيار إسلامي فاشي٣، الرهاب الإسلاموي٧، تيار متطرف١١٨.

أخيراً، حاولنا أن نصف النسق المفاهيمي الذي سعى بايبس إلى توظيفه في معالجة المسائل الاستشراقية المعاصرة من خلال توصيف مادة خطابه خلال العقود الثلاثة المنصرمة، وسبر المصطلحات التي استخدمها، مع طبيعة الارتباطات القائمة في ما بينها داخل فقرات كتبه ومقالاته. وقد استخدم التحليل العنقودي لسبر نمط توظيف دانيال بايبس للاصطلاحات الإسلامية في نخبة من خطاباته الاستشراقية المنتشرة في كتبه ودراساته.

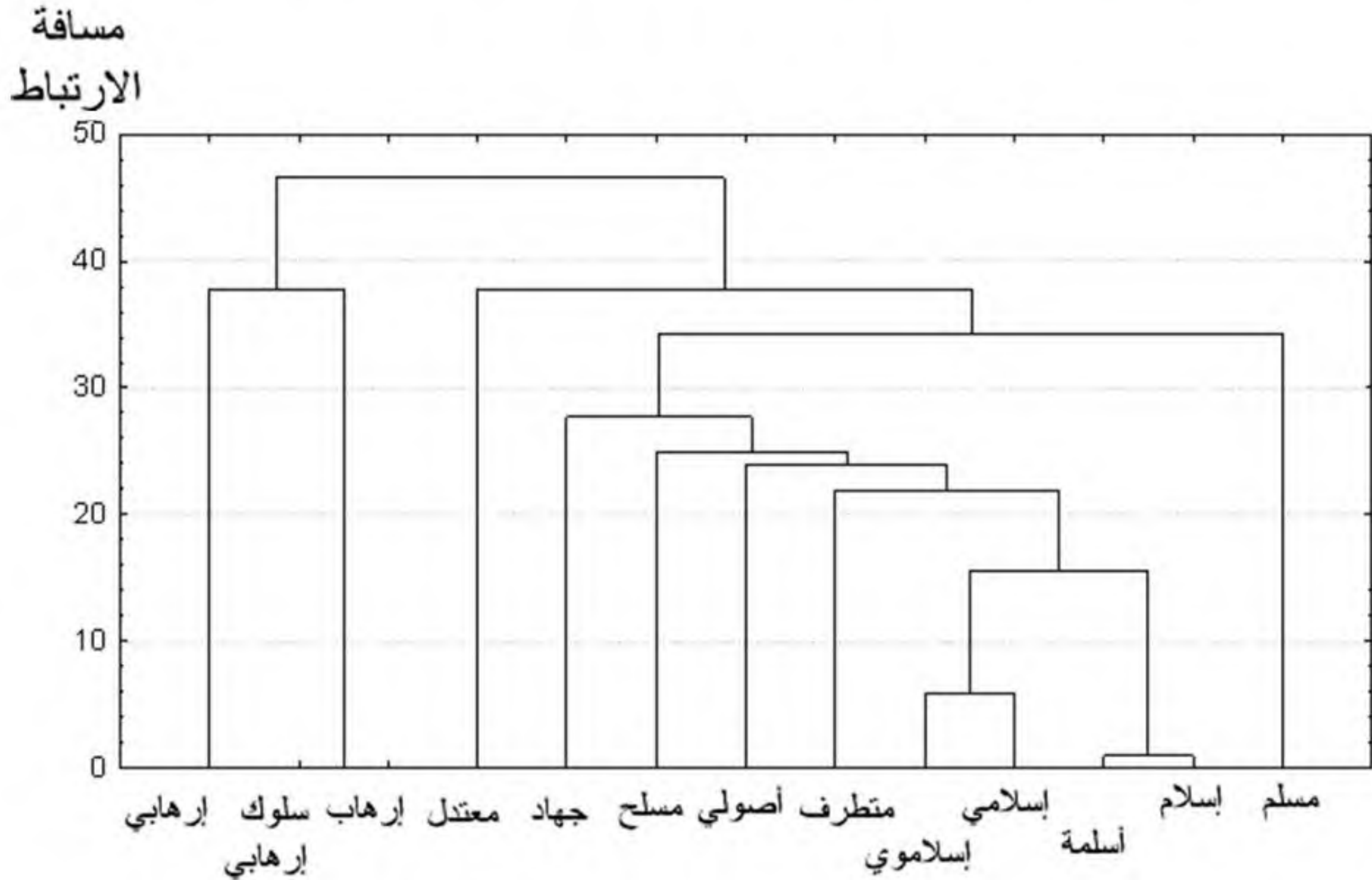
وأثمرت عملية التحليل إظهار مسافة الارتباط القائمة بين هذه الاصطلاحات، وفي الوقت ذاته بيان جانب كبير من نسقه المفاهيمي الذي عالج فيه الإسلام، والحركات الإسلامية، وطبيعة العلاقة التي حاول أن يؤسسها في مقالاته وبحوثه المختلفة (انظر الشكل الرقم (٤ ـ ١٧)).

---

(٤٥) الرقم المرادف للاصطلاح يشير إلى مستوى تكراره في النصوص المنتخبة في هذه الدراسة.

الشكل الرقم (٤ ـ ١٧)

التحليل العنقودي للاصطلاحات التي استأثرت باهتمام بايبس



٢ ـ المحور الثاني: محاكاة أنموذج فهم الأئمة للمسائل

يمكن استثمار القدرات الفريدة لأنموذج الشبكة العصبونية في تحليل مسائل تتسم بالتعقيد، من خلال الاستمرار في عملية التدريب والمران المستمرة لاستخلاص خطاطة معرفية محددة تسترشد بأنموذج معرفي حدد لهذه الخطاطة.

وسنورد مثالاً على ذلك من خلال معالجتنا مسألة تخص الخطاطة الحديثية لدى الامام ابن حجر العسقلاني في إصدار الحكم النقدي بشأن رواة الحديث في كتابه الشهير **تقريب التهذيب**. والسبب في اختيارنا لهذه المسألة هو أن الامام ابن حجر شرع بتهذيب كتاب **تهذيب الكمال في أسماء الرجال** لأبي الحجاج المزي، بعد أن ضمّ اليه **تراجم كتاب الاكمال** للعلامة علاء الدين مغلطاي، وزاد عليهما الكثير من تراجم الرجال، فكان سفراً جليلاً يعتمد لدى أئمة الجرح والتعديل.

وقد عاد إليه ثانية، بعد حين، بعد أن عزم على تناوله بأسلوب جديد، في تصنيف جديد أطلق عليه اسم **تقريب التهذيب**. وتبنى في تصنيفه مذهباً جديداً تكلّم عليه في مقدمة الكتاب[٤٦]: التمس مني بعض الإخوان أن أجرد له الأسماء خاصة، فلم أؤثر ذلك، لقلة جدواه على طالبي هذا الفن، ثم رأيت أن أجيبه إلى مسألته، وأسعفه بطلبته، على وجه يحصل مقصوده بالإفادة، ويتضمن الحسنى التي أشار إليها وزيادة، وهي: أنني أحكم على كل شخص منهم بحكم يشمل أصح ما قيل فيه، وأعدل ما وصف به، بألخص عبارة، وأخلص إشارة، بحيث لا تزيد كل ترجمة على سطر واحد غالباً، يجمع اسم الرجل واسم أبيه وجده، ومنتهى أشهر نسبته ونسبه، وكنيته ولقبه، مع ضبط ما يشكل من ذلك بالحروف، ثم صفته التي يختص بها من جرح أو تعديل، ثم التعريف بعصر كل راوٍ منهم، بحيث يكون قائماً مقام ما حذفته من ذكر شيوخه والرواة عنه، إلا من لا يؤمنه لبسه.

ولما كان الإمام ابن حجر خاتمة الحفّاظ، وإماماً جليلاً أحاط بعلوم الحديث دراية ورواية، في عصره، وفاق الكثير من أقرانه، ومن سبقوه، فإن إنشاء أنموذج عصبوني يحاكي ملكته النقدية في ميدان الجرح والتعديل يعد حلماً صعب المنال يداعب مخيلة الكثير من العاملين في ميدان علوم الحديث. ولكي نبلغ مستوى مقبولاً على صعيد محاكاة ملكته الحديثية النقدية، سنبدأ معالجاتنا بمراجعة تفاصيل النهج الحديثي الذي تبناه الإمام ابن حجر تمهيداً لإعداد الخطاطة المعرفية التي سيرتكز عليها أنموذج الشبكة العصبونية.

بداية قام ابن حجر بتقسيم الرواة على أحوالهم في اثنتي عشرة مرتبة، مبتدئاً بأعلى المراتب نزولاً إلى أدناها، كما يأتي:

الأولى: الصحابة: وصرح بذلك لشرفهم.

الثانية: من أُكد مدحه: إما: بأفعل: كأوثق الناس، أو بتكرير الصفة لفظاً: كثقة ثقة، أو معنى: كثقة حافظ.

الثالثة: من أفرد بصفة، كثقة، أو متقن، أو ثَبْت، أو عدل.

(٤٦) محمد بن علي بن حجر العسقلاني، **تقريب التهذيب**، قدّم له دراسة وافية وقابله بأصل مؤلفه مقابلة دقيقة محمد عوامة (حلب: دار الرشيد، ١٩٨٦)، ص ١٧.

الرابعة: من قصر عن درجة الثالثة قليلاً، وإليه الإشارة: بصدوق، أو لا بأس به، أو ليس به بأس.

الخامسة: من قصر عن الرابعة قليلاً، وإليه الإشارة بصدوق سيئ الحفظ، أو صدوق يهم، أو له أوهام، أو يخطئ، أو تغير بأخرى ويلتحق بذلك من رمي بنوع من البدعة، كالتشيع والقدر، والنصب، والإرجاء، والتجهم، مع بيان الداعية من غيره.

السادسة: من ليس له من الحديث إلا القليل، ولم يثبت فيه ما يترك حديثه من أجله، وإليه الإشارة بلفظ: مقبول، حيث يتابع، وإلا فلين الحديث.

السابعة: من روى عنه أكثر من واحد ولم يوثق، وإليه الإشارة بلفظ: مستور، أو مجهول الحال.

الثامنة: من لم يوجد فيه توثيق لمعتبر، ووجد فيه إطلاق الضعف، ولو لم يفسر، وإليه الإشارة بلفظ: ضعيف.

التاسعة: من لم يرو عنه غير واحد، ولم يوثق، وإليه الإشارة بلفظ: مجهول.

العاشرة: من لم يوثق البتة، وضعف مع ذلك بقادح، وإليه الإشارة: بمتروك، أو متروك الحديث، أو واهي الحديث، أو ساقط.

الحادية عشرة: من اتهم بالكذب.

الثانية عشرة: من أطلق عليه اسم الكذب، والوضع.

ثم عاد وقسم طبقاتهم بالطريقة نفسها، مبتدئاً بأقربهم صحبة برسول الله (ﷺ)، ومنتهياً بصغار الآخذين عن صغار تابعي التابعين. فكانت الطبقات، كما يلي:

الأولى: الصحابة، على اختلاف مراتبهم، وتمييز من ليس له منهم إلا مجرد الرؤية من غيره.

الثانية: طبقة كبار التابعين، كابن المسيب، فإن كان مخضرماً صرحت بذلك.

الثالثة: الطبقة الوسطى من التابعين، كالحسن وابن سيرين.

الرابعة: طبقة تليها: جُلُّ روايتهم عن كبار التابعين، كالزهري وقتادة.

الخامسة: الطبعة الصغرى منهم، الذين رأوا الواحد والاثنين، ولم يثبت لبعضهم السَّماع من الصحابة، كالأعمش.

السادسة: طبقة عاصروا الخامسة، لكن لم يثبت لهم لقاء أحد من الصحابة، كابن جريج.

السابعة: طبقة كبار أتباع التابعين، كمالك والثوري.

الثامنة: الطبقة الوسطى منهم، كابن عيينة وابن علية.

التاسعة: الطبقة الصغرى من أتباع التابعين: كيزيد بن هارون، والشافعي، وأبي داود الطيالسي، وعبد الرزاق.

العاشرة: كبار الآخذين عن «تبع الأتباع»، ممن لم يلق التابعين، كأحمد بن حنبل.

الحادية عشرة: الطبقة الوسطى من ذلك، كالذهلي والبخاري.

الثانية عشرة: صغار الآخذين عن «تبع الأتباع»، كالترمذي، وألحقت بها باقي شيوخ الأئمة الستة، الذين تأخرت وفاتهم قليلًا، كبعض شيوخ النسائي.

إن استعارة الخطاطة الحديثية التي تبناها الإمام ابن حجر من دائرة علوم الحديث والسعي إلى عكسها على أنموذج لشبكة عصبونية تتألف مدخلاته من العبارات النقدية التي أوردها أئمة النقد والتحديث إزاء كل رجل من رجال الحديث، ونضع قبالتها في مخرجات الأنموذج العبارات التي تبناها الإمام ابن حجر على أساس تقسيمه لرجال **تقريب التهذيب** بحسب مراتب الأحوال، والطبقات. حينئذ يمكننا تحديد مستوى العتبة الذي نريد بلوغها من هذا الأنموذج، ونشرع بتبني مجموعة متنوعة من البنى المعمارية للشبكة، على أساس عدد العصبونات الموجودة في كل طبقة، وانتخاب عدد الطبقات.

ويظهر في الجدول الرقم (٤ ـ ٩) أنموذج الإدخال الذي سيتم تغذيته للأنموذج العصبوني، حيث ستمارس فيه عملية التدريب والمران المتكرر إلى حين وصولنا إلى النتيجة حيث سيكون بين أيدينا أنموذج محوسب يحاكي إلى حد ما (يتناسب مع مستوى العتبة الذي وقع عليه اختيارنا) الخطاطة النقدية لدى الإمام ابن حجر العسقلاني.

الجدول الرقم (٤ ـ ٩)

أنموذج إدخال البيانات الحديثية إلى الأنموذج العصبوني ومخرجاته

الراوي	أقوال أئمة الشأن تعديلاً وجرحاً في الراوي						مذهب ابن حجر	
	الناقد ١	الناقد ٢	الناقد ٣	الناقد ٤	الناقد ٥	الناقد ٦	المرتبة	الطبقة

وستبدأ الحصيلة المعرفية للأنموذج العصبوني بالنمو التدريجي نتيجة للتغذية المستمرة بأسماء المحدثين، وأقوال النقاد فيهم جرحاً وتعديلاً، مع ما يناظرها من الأحكام التي أطلقها الإمام ابن حجر العسقلاني في كتابه **تقريب التهذيب** على أساس تصنيفه ثنائي الدرجة مرتبة وطبقة. وسيؤخذ بعين الاعتبار المسائل الآتية في صوغ معايير الموازنة بين الأقوال ومقدار وزنها والتأثير في قرار الإمام ابن حجر[٤٧]:

• هل كان التعديل والجريح مفسّراً أم مبهماً؟ فالأول ما يذكر فيه المعدّل أو الجارح السبّب، أما الثاني فيشمل ما لا يبيّن السبب فيه. فقبل الإبهام في التعديل بينما شاع الاختلاف حول الإبهام في التجريح. والقرار الأصوب عدم اعتماد الجرح ما لم يكن مفسّراً.

• ضرورة سبر عبارات أئمة الجرح والتعديل في الرواة جرحاً وتعديلاً، والتي قد تختلف دلالاتها بين عصر وآخر، وإمام وآخر.

• الانتباه إلى نهج الناقد في إصدار الحكم، لأن النقاد ثلاثة: متشدّد، ومتوسّط، ومتساهل. ويعد تقسيم الإمام الذهبي الأصوب في هذا المجال والذي نص فيه على ما يأتي[٤٨]: قسم منهم متعنّت في الجرح متثبّت في التعديل، يغمز الراوي بالغلطة والغلطتين. فهذا إذا وثّق شخصاً فعضّ على قوله بنواجذك، وتمسّك بتوثيقه. وإذا

(٤٧) أبو الحسنات محمد عبد الحي اللكنوي، **الرفع والتكميل في الجرح والتعديل**، تحقيق عبد الفتاح أبو غدة، ط ٣ (القاهرة: مكتب المطبوعات الإسلامية، ١٤٠٧هـ/[١٩٨٧م])، ص ٥٩ وما بعدها.

(٤٨) المصدر نفسه، ص ١٥٤ ـ ١٥٦.

ضعّف رجلاً فانظر هل وافقه غيره على تضعيفه؟ فإن وافقه ولم يوثّق ذلك الراوي أحد من الحذّاق فهو ضعيف، وإن وثّقه فهذا هو الذي قالوا فيه: لا يقبل الجرح إلا مفسّراً. ومن نقاد هذه الفئة **الأولى**: شعبة بن الحجاج، ويحيى بن القطان، وعبد الرحمن بن مهدي، ويحيى بن معين، ومحمد بن إسماعيل البخاري. و**الثانية**: تضم أئمة متساهلين مثل: الحاكم، وابن حزم. وهؤلاء لا يؤبه بأقوالهم ما لم توافق أئمة الشأن. أما **الثالثة**: فتضم أئمة معتدلين في إصدار احكامهم مثل الإمام أحمد، والدارقطني، وابن عدي. فهؤلاء يؤخذ بتعديلهم، على أن تراجع أقوالهم في التضعيف.

- الجرح إذا صدر من تعصّب أو عداوة، أو منافرة، أو نحو ذلك، فهو جرح مردود.

- ضرورة الإعراض عن الأخذ بأقوال المتعاصرين بعضهم في بعض.

وتحتسب أوزان الأقوال الصادرة بحسب ما ورد في الفقرات أعلاه ليكون الحكم مقارباً للخطاطة الحديثية التي نتوقع حضورها لدى الإمام ابن حجر العسقلاني.

٣ ـ المحور الثالث: مقارنة نهج أئمة العلوم الشرعية

تعد عملية مقارنة نهج أئمة العلوم الشرعية في معالجة مسألة من المسائل، موضوعاً شاغلاً لكثير من المتخصصين بمختلف العلوم، وللنقّاد الذين يعتنون بعملية المقارنة لبيان مواطن القوة والضعف لدى هذا أو ذاك ممن يعالجون مسائل تقع في دائرة العلوم الإسلامية، أو خارجها. وتعتمد آليات المقارنة مبدأ التبويب الموضوعي، والمقارنات الهيكلية شأن عملية تحليل النصوص، بيد أن هذه الحالة تتسم بمقارنة بين مادة نصين مختلفين يعالجان المسألة ذاتها، أو مسائل متقاربة.

بصورة عامة، ترتكز عملية توظيف الأنموذج العصبوني في عملية المقارنة على السعي إلى المقارنة بين **أربعة** أنواع من الميزات التي باتت تعتمد في التمييز بين المؤلفين:

١ ـ ميزات ترتكز على «المستوى الرمزي» (Token-Level Features)، وتشمل: تركيب الكلمة أو المصطلح، والمقاطع اللفظية.

٢ ـ ميزات ترتكز على «بنية الجملة» (Syntax-Based Features)، وتشمل: قواعد الكتابة، وتحليل محتوى الخطاب بنيوياً.

٣ ـ ميزات ترتكز على «ثراء المفردات اللغوية» (Features Based On Vocabulary Richness) التي تعد مؤشراً على الحصيلة المعرفية للمؤلف.

٤ ـ ميزات ذات صلة بنسب تكرار المصطلحات والكلمات في النص، ونسبة الحضور الرمزي، وعدد الكلمات التي ينفرد بها المؤلف دون غيره، ونسب تكرار الكلمات الشائعة في الحقل المعرفي بالنص.

وفي هذا المقام سيختلف نسق المعالجة بأنموذج الشبكة العصبونية، وسيتخذ مساراً جديداً بعد أن يصار إلى إعداد هيكلة الشبكة، وتحدد عدد طبقاتها، وعدد العقد العصبونية التي تقيم في نسيجها.

بداية سيتم تحويل النص إلى مجموعة من البنى اللغوية التي نهدف من خلالها إلى منح الشبكة فرصة تتبع الميزات الأربع التي أوردناها قبل قليل. وعلى هذا الأساس ستبرز أمامنا بنى تمثّل مجموعة متنوعة من الكلمات والاصطلاحات الشرعية، تتألف من مقطع، أو مقطعين، أو ثلاثة مقاطع. كذلك وقع الاختيار على انتخاب العبارات لضمان مقارنة محتوى نص المقارنة بين الأئمة والفقهاء.

وقد وقع اختيارنا على ثلاثة كتب للتفسير، وهي **تفسير جامع البيان في تأويل القرآن** للمؤلف محمد بن جرير بن يزيد بن كثير بن غالب الآملي، أبو جعفر الطبري، [٢٢٤ ـ ٣١٠هـ]، و**تفسير الجامع لإحكام القرآن** للمؤلف أبو عبد الله محمد بن أحمد بن أبي بكر بن فرح الأنصاري الخزرجي شمس الدين القرطبي (المتوفى: ٦٧١هـ)، و**تفسير في ظلال القرآن الكريم** لسيد قطب، وهي تنتمي إلى مدارس تفسير متعددة.

اعتمد مبدأ احتساب كل من: المشترك اللفظي، والكثافة المعجمية والسعة اللغوية، ولكل من المصطلحات الثلاثية والرباعية والخماسية، وذلك لاحتواء هذه المرحلة من المعالجة على الحصيلة اللغوية الشاملة المشتركة لمفردات النصوص، الأمر الذي يجعل حساب هذه المتغيرات أكثر قرباً للواقع بالمقارنة بالمرحلتين الثانية والثالثة،حيث استبعد فيهما جزء من مفردات العناقيد اللغوية.

ويظهر الجدول الرقم (٤ ـ ١٠) بوضوح نسبة المشترك اللفظي بين المفسرين الثلاثة، والتي تباينت بين عنقود وآخر مع ملاحظة ارتفاع العناصر في بعض العناقيد نتيجة لكثرة توظيف الاصطلاحات أو طبيعة اللغة المشتركة في معالجة النصوص وفق قواعد التفسير.

الجدول الرقم (٤ ـ ١٠)

نسب حضور المشترك اللفظي لدى المفسرين الثلاثة

	عدد المصطلحات الثلاثية المشتركة للتفاسير الثلاثة ٦٥٥٣٥		عدد المصطلحات الرباعية المشتركة للتفاسير الثلاثة ٦٠٩٦٥		عدد المصطلحات الخماسية المشتركة للتفاسير الثلاثة ٥٥٧٠٣٥	
العناقيد	عدد العناصر	نسبة العناقيد	عدد العناصر	نسبة العناقيد	عدد العناصر	نسبة العناقيد
عنقود ٠	٨٦	٠,١٣١٢٢٧٥٨٨	٤	٠,٠٠٦٥٦١١٤	١١٢	٠,٢٠١٠٦٦٣٧
عنقود ١	٣	٠,٠٠٤٥٧٧٧٠٧	١٩٨٧٠	٣٢,٥٩٢٤٧١١	٢	٠,٠٠٣٥٩٠٤٧١
عنقود ٢	٣٥	٠,٠٥٣٤٠٦٥٧٧	٩	٠,٠١٤٧٦٢٥٧	٣٧	٠,٠٦٦٤٢٣٧١١
عنقود ٣	١٣	٠,٠١٩٨٣٦٧٢٨	٤	٠,٠٠٦٥٦١١٤	٨	٠,٠١٤٣٦١٨٨٤
عنقود ٤	٢٩٩٨٠	٤٥,٧٤٦٥٤٧٦٥	٣٤	٠,٠٥٥٧٦٩٧	٣	٠,٠٠٥٣٨٥٧٠٦
عنقود ٥	٢٠١	٠,٣٠٦٧٠٦٣٤	١٣	٠,٠٢١٣٢٣٧١	١٩	٠,٠٣٤١٠٩٤٧٣
عنقود ٦	٢	٠,٠٠٣٠٥١٨٠٤	٦٩٤	١,١٣٨٣٥٨٠٧	١٢٧٧٥	٢٢,٩٣٤١٣٢٨١
عنقود ٧	١١١٣	١,٦٩٨٣٢٩١٣٧	١١٥	٠,١٨٨٦٣٢٨٢	١٤٧٨	٢,٦٥٣٣٥٧٩٨٨

ولغرض الوقوف على مستوى الكثافة المعجمية في النصوص المنتخبة أعد الجدول الرقم (٤ ـ ١١) الذي ضم المصطلحات الثلاثية:

الجدول الرقم (٤ ـ ١١)

نسبة الكثافة المعجمية للمصطلحات الثلاثية المشتركة لدى المفسرين الثلاثة

	مجموع المصطلحات الثلاثية لتفسير الطبري ٦٣٢٥٧٤		مجموع المصطلحات الثلاثية لتفسير القرطبي ٢٣٨٢٩٥		مجموع المصطلحات الثلاثية لتفسير في ظلال القرآن ١٨٢١٤٨	
العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد
عنقود ٠	٥٦٤٨٦	٨,٩٢٩٦١٨٧٥	١١٧٤٥	٤,٩٢٨٧٦٥	٣٣٣٩	١,٨٣٣١٧٥٠٣
عنقود ١	١٣٩٢٤	٢,٢٠١١٨٢٨	١٣٩٦٧	٥,٨٦١٢٢٢	٤٣٠٨	٢,٣٦٥١٧٤٦٢
عنقود ٢	٥٨٠٣٣	٩,١٧٤١٧٧٠٥	١٦٥٦	٠,٦٩٤٩٣٧	٤٥٣	٠,٢٤٨٧٠٥٦٩
عنقود ٣	٥٢٣٩٨	٨,٢٨٣٣٦٥١٣	١٨٩٨	٠,٧٩٦٤٩٢	٣١١	٠,١٧٠٧٤٤٩٦
عنقود ٤	٣٠٦٢٣٢	٤٨,٤١٠٨٤٥٣	١٣١٢١٤	٥٥,٠٦٣٦٨	١٤١٤٤٠	٧٧,٦٥٣٢٧٢٤
عنقود ٥	٤٤٢٩٣	٧,٠٠٢٠٨١٩٩	١٨٢٩٣	٧,٦٧٦٦١٩	٤٧٥١	٢,٦٠٨٣٩٠١١
عنقود ٦	٣٣٧٦٧	٥,٣٣٨٠٧٣٧٩	٢٢٩٤٨	٩,٦٣٠٠٨	٧٨٧٥	٤,٣٢٣٥٢٦٠٢
عنقود ٧	٦٣٨	٠,١٠٠٨٥٨٥٦	٤١٩٨	١,٧٦١٦٨٢	٨١٦	٠,٤٤٧٩٩٩٦٥

ولسبر مستوى الاشتراك والتباين اللفظي في معالجة المفسرين لنصوص القران الكريم، اعتمد مبدأ احتساب السعة اللغوية في معالجاتهم التفسيرية. وتظهر البيانات في الجدول الرقم (٤ ـ ١٢) بوضوح أن تفسير الإمام الطبري يأتي في المرتبة الأولى يليه تفسير سيد قطب، في حين يأتي تفسير القرطبي في المرتبة الأخيرة. ويمكن أن يعزى ذلك إلى اعتماد الإمام الطبري في تفسيره على الرواية والمحدثين ونقلة الآثار، أما **تفسير في ظلال القران** لسيد قطب فيستخدم لغة تتسم بخصوصية شعرية، بينما تخصص الإمام القرطبي بأحكام القران الفقهية.

الجدول الرقم (٤ ـ ١٢)

نسبة السعة اللغوية لدى أئمة التفسير الثلاث (المشترك وغير المشترك)

	عدد الكلمات الكلية لتفسير الطبري ٣٦٨٧٦٣٦		عدد الكلمات الكلية لتفسير القرطبي ٢٠٤٥٢١٢		عدد الكلمات الكلية لتفسير في ظلال القرآن ١٤٨٦٤٧٤	
العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد	مجموع العناصر	نسبة العناقيد
عنقود ٠	٥٦٠٨١	١,٥٢٠٧٨٤٥٩	١١١٨٩	٠,٥٤٧٠٨٢٦	٣٢٩٩	٠,٢٢١٩٣٤٦
عنقود ١	١١٠٧٥	٠,٣٠٠٣٢٧٩١	٩٣١٤	٠,٤٥٥٤٠٥١	٣٨٥١	٠,٢٥٩٠٦٩٤
عنقود ٢	٥٦٨٨٢	١,٥٤٢٥٠٠٥٨٢	١٦٥٥	٠,٠٨٠٩٢٠٧	٤٥٢	٠,٠٣٠٤٠٧٥
عنقود ٣	٤٩٢٦٣	١,٣٣٥٨٩٦٤٩	١٨٢٢	٠,٠٨٩٠٨٦١	٢٧٩	٠,٠١٨٧٦٩٢
عنقود ٤	٣٠٦٢٩٧	٨,٣٠٦٠٥٢٩٨	١٣١٢١٢	٦,٤١٥٥٦٩٦	١٤١٤٣٦	٩,٥١٤٨٦٥٤
عنقود ٥	٤٤٢٦٦	١,٢٠٠٣٨٩٦٣	١٧٦١٠	٠,٨٦١٠٣٥٤	٤٧٤٥	٠,٣١٩٢١١٨
عنقود ٦	٢٢٩٦٧	٠,٦٢٢٨١٠٩٣	٢٢٨٤٨	١,١١٧١٤٥٨	٧٨٧٥	٠,٥٢٩٧٧٧٢
عنقود ٧	٦٣٣	٠,٠١٧١٦٥٤٧	٤٠٦٩	٠,١٩٨٩٥٢٥	٨١٣	٠,٠٥٤٦٩٣٢
المجموع		١٤,٨٤٥٩٣٣٨		٩,٧٦٥١٩٧٩		١٠,٩٤٨٧٢٨

ولزيادة مستوى معالجة نصوص التفاسير والبدء بمحاولة تنفيذ عملية التصنيف الآلي لنصوص المفسرين الثلاثة، تم التوجه إلى استخدام إجراءات برمجية أكثر تعقيداً لبلوغ مستويات عنقودية يمكن من خلالها تحديد نسبة ورود أحاديث ذكر النبي (ﷺ) وأسماء الرواة والأعلام والمصطلحات اللغوية مع السعي إلى تمييزها من الآيات القرآنية الواردة في النص. واحتوت الإجراءات البرمجية لتمييز الكلمات الأساسية داخل المصطلح لنص الحديث والنقل عن الرسول (ﷺ) على الكلمات المفتاحية مثل (النبي، وصلى، وسلم، الرسول...)، ولتمييز النقل عن الرواة والمحدثين استخدمت الكلمات المفتاحية (عن، قال، حدثنا، روي، أبو، أبي ...) مع تدقيق محتويات كل عنقود يدوياً

لغرض دقة التصنيف، وميزت الآيات والمصطلحات اللغوية بناءً على عدم تطابقها مع الكلمات المفتاحية مع إعادة تصنيفها يدوياً لضمان صحة المعلومات الناتجة.

وقد روعي في هذه العملية احتساب مجموع التكرارات المستخدمة لكل فئة من هذه الفئات ونسبة ورودها ضمن النص الكلي (انظر الجدول الرقم (٤ ـ ١٣)).

الجدول الرقم (٤ ـ ١٣)

نتائج التصنيف الآلي لمحتوى النص المنتخب من التفاسير الثلاثة

العناقيد	مجموع العناصر	تصنيف العناصر للعناقيد				مجموع ما ذكر في التفاسير		
		الآيات	الحديث	الرواية	المصطلحات	الطبري	القرطبي	في ظلال القرآن
عنقود ٠	١١٢	١٧	٤٦	٤٩		٩٠١٨	٥٣٧٩	٢٣٤٩
عنقود ١	٢			٢		٦٨٢٣	٥١	٢
عنقود ٢	٣٧		٢٤	١٢	١	٧٦٩٤	٤٢٩٥	١٢٤٣
عنقود ٣	٨		٨			٣١٠٥	٤٨١٨	٦٤٢
عنقود ٤	٣		٣			١٣٧٩٩	١٣٨٩٠	٤٢٧٠
عنقود ٥	١٩		٤	١٥		١٢٣٥٢	٨٥٧	٢٦٩
عنقود ٦	١٢٧٧٥							
عنقود ٧	١٤٧٨							

٤ ـ المحور الرابع: تحليل محتوى المواقع الإسلامية

تعد منظومة الويب أحد أنواع الفضاءات المعلوماتية (Cyberspaces) التي تسود على سطح البنية التحتية لشبكة الإنترنت العملاقة. وتمتلك فضاءات الإنترنت تراكيب مختلفة نتيجة استخدام أنماط مختلفة من بروتوكولات الاتصال (Protocols)، وقدرتها على توفير أساليب مختلفة للإبحار داخل حدود الفضاء المعلوماتي، أو عند ممارسة أنشطة تفاعلية مع مفردات بيئته الرقمية.

ومع تزايد حجم المعلومات المطروحة على مواقع الإنترنت، وتشابك مفرداتها ضمن نسيج الارتباطات التشعبية التي تمتد أذرعها بين أكثر من وثيقة، أو مادة معرفية تلمّ شتات مفرداتها المنتشرة على صفحات الويب، أصبحنا بحاجة ماسة إلى توظيف أدوات ذكية قادرة على تحليل مكونات الفضاء المعرفي لصفحات الويب من خلال

تناول كائنات الفضاء المعلوماتي التي تستوطن فيها. ويتم التعامل مع الكلمة، والعبارة، والمحتوى بوصفها أنماطاً مختلفة من «الكائنات المعلوماتية» (Info-Objects) التي تقيم داخل حدود الفضاء المعلوماتي لصفحات الويب، والتي ينبغي علينا حصر أماكن توطنها على العقد المعلوماتية لنسيج الإنترنت الشبكاتي بآليات ذكية بغرض سبر المعاني التي تستوطن في المحتوى الرقمي لهذه الصفحات[٤٩].

يمكن معاينة محتوى صفحات الويب المنتشرة على مواقع الإنترنت على شكل «مخطط رسومي» (Web Graph) تتألف مادته من العناصر الموجودة في الصفحة، ووفق وصف رسومي أو منطقي يتحدد فضاؤه بحسب الارتباطات الموجودة بين كائناته المعلوماتية المختلفة[٥٠].

وتتوافر أكثر من طريقة يمكن استخدامها في عملية الوصف الرسومي للعقد المعلوماتية المنتشرة على شبكة الإنترنت، أو لوصف الارتباطات التشعبية الموجودة على صفحات الويب، أو لوصف انتشار «مضيفات الخدمة المعلوماتية» (Web Hosts) المنتشرة على الرقعة الجغرافية للفضاء الرقمي العولمي[٥١].

ويتسم مخطط الويب بمميزات فريدة لا نكاد نجدها في مخططات أخرى، أهمها ميزة التغير الدائم في محتوى صفحات الويب نتيجة للخاصية التفاعلية السائدة في مكوناتها الرقمية.

وتسهم إضافة «الارتباطات التشعبية» الجديدة للصفحة (Hyperlinks)، أو تحديث العقد المعلوماتية المرتبطة بها، أو إزالة ارتباط مع عقد قائمة، في تغيير معالم مخطط صفحة الويب، الأمر الذي يمنح هيكلة الصفحة سمة دينامية تجعلها تمر بحالات تغيير دائم[٥٢].

وتنعكس آثار هذه الصيرورة الدائمة في محتوى صفحة الويب وارتباطاتها التشعبية مع صفحات أخرى، بوضوح، على إمكانية وصف مخطط الصفحة ما لم نحدد بدقة

---

(٤٩) H. Peter Alesso and Craig F. Smith, *Thinking on the Web Berners-Lee, Gödel, and Turing* (New Jersey: John Wiley and Sons, 2006).

(٥٠) حسن مظفر الرزو، «تقييم مجموعة منتخبة من مواقع التجارة الإلكترونية باستخدام تقنية التنقير المعرفي لمحتويات مواقع الويب،» **علوم إنسانية**، السنة ٣، العدد ٢٦ (كانون الثاني/ يناير ٢٠٠٦)، ص ٥٦ ـ ٧٥.

(٥١) حسن مظفر الرزو، «جغرافية الفضاء المعلوماتي،» **المجلة العربية للعلوم والمعلومات**، السنة ١٨، العدد ٢ (كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٣)، ص ١١٠ ـ ١٢٣.

(٥٢) Pierre Baldi, Paolo Frasconi and Padhraic Smyth, *Modeling the Internet and the Web: Probabilistic Methods and Algorithms* (London: John Wiley and Sons, 2003).

الوقت الذي تمت فيه عملية اقتناص المفردات المعرفية منها. ويمكن أن تدرس عملية التغيير الحاصلة في محتوى الصفحة من خلال مسح عناصرها عبر حقب زمنية متباعدة، لتحديد أنماط التغيير التي سادت مادتها.

وتكمن أهمية دراسة مخططات صفحات الويب في أنها تمنحنا فرصة جيدة لمعاينة التغيرات الحاصلة في المحتوى الرقمي لها، كما أن النسيج المعقد الذي يربط هذه الصفحات مع مجموعة المنظومات المعرفية، والاقتصادية، السياسية (التي تقيم الارتباطات التشعبية جسوراً بين عناصرها) يمنحنا فرصة دراسة وتحليل فضاء «إدارة عناصر المعرفة» (Knowledge Management) بين هذه المنظومات، وتحديد معالم الآليات التي يوظفها الإنسان المعاصر في التعامل مع الإشكاليات المعرفية القائمة.

يضاف إلى ذلك أنه يوفر لنا صورة واضحة المعالم عن طبيعة الهيكلة المعلوماتية السائدة على مواقع الإنترنت، ومدى قدرتها على بيان مفردات الخطاب المطروح على عقدها المعلوماتية، وكيفية دعم المستخدم للوصول إلى المواد المطروحة على صفحات الويب، بأقل جهد، مع ضمان تطابق ما يجول في ذهنه من أهداف مع الحصيلة المعرفية التي سيوفرها له المحتوى الرقمي المستوطن في صفحات الويب.

أما عملية تحليل عناصر المحتوى فتبدأ بصوغ قواعد منطقية قادرة على التنقير عن المفردة المعرفية التي نسعى إلى الوصول إليها، مع تحديد العقدة المعلوماتية التي تنتمي إليها، وطبيعة الخطاب الذي وظّفت في مادته، ومقدار تكرارها في صفحات الويب. ويمكن بلوغ ذلك من خلال توظيف أنموذج لشبكة عصبونية تقوم بعملية التقاط البيانات المطلوبة من مواقع الويب، ثم تباشر عملية تصنيفها، وممارسة سلسلة من المعالجات على بياناتها لكي نستطيع إيداعها في مخططات الويب.

وقد وقع اختيارنا على إنشاء أنموذج رياضي يصف الأنموذج الإيماني للمسلم المعاصر، الذي يمكن أن نلملم مادته من المفردات المنتشرة بكثافة في نسيج الفضاء المعرفي الإسلامي المطروح على مواقع الإنترنت المختلفة. ونأمل أن يوفر هذا المسح المعلوماتي فرصة ثمينة لعلماء الأمة وأئمتها، ومادة خصبة لا بد لنا من دراستها للإفادة منها وإغناء الرؤية بها وتقويمها، مع محاولة تجاوز الأمراض والآفات التي قد لحقت بها[٥٣].

---

(٥٣) طه جابر العلواني، **إصلاح الفكر الإسلامي بين القدرات والعقبات**، سلسلة إسلامية المعرفة؛ ١٠ (فيرجينيا: المعهد العالمي للفكر الإسلامي، ١٩٩٤).

شاع استخدام اصطلاح «الأنموذج» (Model) ـ في دائرة المعالجات المحوسبة = بوصفه إنشاءً تجريدياً يسعى إلى وصف «ظاهرة» (Phenomena) بواسطة مجموعة من العناصر التي ترتبط في ما بينها عبر مجموعة من «العلاقات» (Relations)، ويحكمها منطق يؤسس دلالة العمليات التي تسود بيئته المعرفية(٥٤).

ولتوفير بيئة مناسبة لحوسبة المفاهيم المعرفية تبرز أمامنا الحاجة إلى صوغ نسق رياضي/ منطقي يصف الظاهرة التي نتناولها بالدراسة والتحليل، وبنمط يمكن من خلاله منح أدوات الحوسبة القدرة على معالجتها وسبر دلالتها.

بصورة عامة، يستمد الأنموذج الديني مرتكزات نسقه المفاهيمي من موارد الشريعة (الكتاب، والسنة، والإجماع، والقياس)، ويوظف أدواتها في تشكيل الإطار العام لتناول جملة من المسائل المطروحة على أرض الواقع. ويضم هذا الأنموذج مجموعة متنوعة من النماذج الثانوية التي ترتكز على مادة موارده، وتوظف آليات تتناسب مع مستوى الخطاب السائدة في كل مورد من موارده. فالأنموذج الحديثي (على سبيل المثال) يرتكز على مبدأ تقسيم مدخلاته إلى محورين أساسيين هما: محور الدراية، ومحور الرواية. وتحكمه قواعد الجرح والتعديل التي تبناها أئمة هذا الشأن في تدقيق صحة طريق المتن، بينما تستثمر المتابعات والشواهد في تتبع طرق الرواية وتحديد العلل الكامنة في الروايات السقيمة.

أما إذا أردنا إنشاء أنموذج محوسب لوصف الخطاطة المعرفية المتعلقة بمسائل العقيدة، حينئذ سيتألف أنموذجنا المقترح من مجموعة من العناصر التي تشكّل مادة المسألة الإيمانية التي يتناولها المسلم المعاصر في خطابه الرقمي المطروح على الإنترنت، والتي حاولنا حصرها في خمسة محاور، شملت: الإيمان، وعوارض الإيمان، والإتباع، والبدع والمبتدعة، ورجال الإيمان ومناوئيهم. أما القواعد التي تهيمن على بيئة الأنموذج الإيماني فتتألف مادتها من منطوق الخطاب الإلهي ومفهومه، مضافاً إليه خطاب النبوة، ومسائل العقيدة التي أرسى مرتكزاتها أئمة علم الكلام وجهابذته(٥٥).

---

(٥٤) «Phenomenon,» Wikipedia (The Free Encyclopedia), <http://en.wikipedia.org/wiki/Phenomenon>.

(٥٥) لا يسعى هذا البحث إلى إنشاء الأنموذج الإيماني وبيان طبيعة القواعد المنطقية التي تسود بيئته المفاهيمية، واقتصر العمل فيه على اقتراح أهم عناصره التي يمكن من خلالها إنشاء مخططات الويب التي توجّهت عناية البحث إليها.

وبالطريقة نفسها يمكن إنشاء مدخلات جديدة تعالج هذه المسألة وفق طبيعة المنظور الذي يوظفه الآخر لسبر وتحليل عقيدتنا، ربما تدرج في بنيته المفاهيمية آلة المنطق التي يوظفها الفكر الاستشراقي في التعامل مع المسألة الإيمانية، فنحصل على أنموذج جديد يعالج هذه المسألة بمدخلات جديدة، وتظهر معه محاور جديدة لمناقشة المسألة.

لقد حاولنا توجيه معالجاتنا المحوسبة باتجاه تتبع كل أشكال الخطاب الرقمي على الإنترنت، الذي يناقش مفردات موضوعية تصب في بوتقة هذه المسألة لتحديد مسارات المعالجة السائدة هذه الأيام لمكونات جزء محدد من المنظومة العقدية الإسلامية، بعد أن اعتبرنا وجود هذه المفردات داخل حدود النص المرقمن، وفي مواقع محددة منه، دليلًا يمكن الاستئناس به لتحديد معالم الأنموذج الإيماني و«مخططات المفاهيم» (Concept Maps) التي تطرحها العامة والخاصة على حد سواء لخدمة محتوى هذا الأنموذج المعاصر.

وقد صنفت المواقع إلى مجموعة من المستويات الرئيسة والثانوية لضمان استيعاب جميع الصفحات المنتشرة على الإنترنت، ولتحديد معالم المعالجات المفاهيمية التي يمارسها المسلم المعاصر على عناصر هذه المسائل، وبمختلف تشعباتها. شملت المحاور الرئيسة: صفحات الإنترنت، والمواقع الإسلامية، ومواقع الأخبار، والمدوّنات، والمنتديات، والصور. ثم قسّمت المواقع الإسلامية إلى: مواقع إسلامية عامة، ومواقع دعوية، ومواقع تعنى بالسنّة النبوية، ومواقع أئمة العلم الشرعي والدعاة، ومواقع شبكات إسلامية، ومواقع مكتبات إسلامية، ومواقع تعنى بالقرآن وعلومه، ومواقع تودع فيها الفتاوى، ومواقع شيعية، ومواقع إذاعات إسلامية، ومواقع مجلات إسلامية، ومواقع تعنى بجمع الحديث النبوي، ومواقع خصصت لنصرة النبي الكريم (ﷺ)، ومواقع تعنى بمسائل الإعجاز العلمي، ومواقع تعالج مسائل المرأة، وأخيراً مواقع لبعض المساجد الإسلامية. وتم استقصاء محتوى جميع هذه المواقع بغرض ضمان تغطية جميع تجليات الخطاب الإسلامي الذي تقع مفرداته ضمن الأنموذج الإيماني المقترح.

أما بالنسبة إلى المنتديات، فقد شملت عمليات البحث: مواقع المنتديات الإسلامية، ومواقع منتديات عامة، ومواقع اقتصادية، وأخرى نفسية، ومواقع لمنتديات المرأة، ومنتديات الحاسوب، ومنتديات علمية، ومنتديات تعليمية، ومنتديات طبية، ومنتديات متنوعة لا يجمعها قاسم مشترك. ولا يخفى على مستخدمي الإنترنت

أن مواقع المنتديات تعد موطناً مهماً لجميع أشكال السجال العقدي والفقهي على الإنترنت.

أما محاور البحث عن عناصر المسألة فقد شملت مجموعة من المحاور التي تم انتقاء مفرداتها بعناية بالغة؛ (انظر الجدول الرقم (٤ ـ ١٤))، لكي تمنحنا صورة واضحة المعالم عن مستوى الاهتمام السائد في المحتوى الرقمي الإسلامي بمحاور المسألة.

وقد تألفت هذه المحاور مما يأتي:

المحور **الأول**: الإيمان.

المحور **الثاني**: عوارض الإيمان.

المحور **الثالث**: معالم الإتباع.

المحور **الرابع**: البدع والمبتدعين.

المحور **الخامس**: رجال الإيمان ومناوئوهم.

الجدول الرقم (٤ ـ ١٤)

هيكلة عناصر مخطط صفحات الويب للأنموذج الإيماني على مواقع الإنترنت

<table dir="rtl">
<tr><th>المحور</th><th colspan="24">تفاصيل المفردات</th></tr>
<tr><td>الإيمان</td><td colspan="6">الإيمان</td><td colspan="6">الإسلام</td><td colspan="6">التوحيد</td><td colspan="6">العقيدة</td></tr>
<tr><td>عوارض الإيمان</td><td colspan="4">الشرك</td><td colspan="4">الكفر</td><td colspan="4">الفسق</td><td colspan="4">الفجور</td><td colspan="4">الهوى</td><td colspan="4">الردة</td></tr>
<tr><td>معالم الإتباع</td><td colspan="8">السنة</td><td colspan="8">السلف</td><td colspan="8">السلفية</td></tr>
<tr><td>البدع والمبتدعين</td><td colspan="12">البدعة المحدثة</td><td colspan="12">مبتدع</td></tr>
<tr><td>رجال الإيمان ومناوئوهم</td><td colspan="3">داعية</td><td colspan="3">مؤمن</td><td colspan="3">مسلم</td><td colspan="3">ضال</td><td colspan="3">فاسق</td><td colspan="3">مرتد</td><td colspan="3">مشرك</td><td colspan="3">كافر</td></tr>
</table>

ونظراً إلى الدور الذي تمارسه المفردة بحسب موقعها ضمن مواقع الويب، فقد تمت عملية البحث على مستويين: **الأول**، المواقع التي تضم الكلمة المطلوبة في عنوانها؛ **والثاني**، المواقع التي تضم الكلمة المطلوبة في متنها، حيث إن ورود الكلمة في عنوان وثيقة صفحة الويب يعد مؤشراً على التصاق محتوى صفحة الويب مباشرة

بالمفردة ذاتها، لأنها محور الخطاب السائد في الصفحة. أما ورودها داخل متن وثيقة صفحة الويب فيؤشر إلى وجود إشارة لها داخل الصفحة، دون أن تكون الكلمة محوراً رئيساً لمادتها.

أما بالنسبة إلى المواقع الإسلامية والمنتديات، فقد وجّهت عنايتنا إلى المواقع التي تضم الكلمة المطلوبة في عنوانها حصراً، لكي نكون أكثر قرباً من المواقع ذات الصلة المباشرة بموضوع دراستنا، بدلاً من الضياع في متاهات مسارات الكلمة في خطابات غير مباشرة.

يظهر في الجداول ذات الأرقام (٤ ـ ١٥) و(٤ ـ ١٦) و(٤ ـ ١٧) مستوى تكرار المفردات الخاصة بكل محور من محاور الأنموذج الإيماني على كل من مواقع الإنترنت، والمواقع الإسلامية، والمنتديات، والمدوّنات، والمواقع الإخبارية، والصور خلال عملية البحث التي تمت في الأسبوع الثاني من شهر شباط/ فبراير عام ٢٠٠٧.

يبدو واضحاً من الجدول الرقم (٤ ـ ١٥) أن مفردات محور رجال الإيمان ومناوئيهم هي الأوفر حظاً بالذكر في مواقع الإنترنت، والمواقع الإسلامية، والمدونات، والمنتديات. ويمكن أن يعزى هذا الأمر إلى وجود اهتمام كبير توليه شريحة واسعة من مستخدمي الإنترنت في إرساء حدود فاصلة بين المسلم، والمشرك، والكافر، وهي مسائل باتت تؤرّق المسلم في البيئة العربية التقليدية، والرقمية على حد سواء.

وتأتي بعدها في المرتبة مفردات محور الإتباع التي تضع فيصلًا بين أهل السنة والجماعة وغيرهم من أهل الأهواء والبدع. ثم تأتي بعدها مفردات مسائل عوارض الإيمان، والابتداع.

إن الفروق الواضحة بين تكرار ورود مفردات المحاور المختلفة، في قطاعي: عنوان الوثيقة، ومتنها؛ تؤكد بوضوح أن مناقشة هذه المفردات الإيمانية، لم تعد تقتصر على مناقشة الموضوع بصورة مباشرة، إذ أصبح الخطاب العربي مشحوناً بهذه المفردات في مختلف أشكال النصوص المطروحة على صفحات الويب، بعد أن تغلغلت مادة الأنموذج الإيماني في كثير من مفردات حياة المسلم المعاصر. أما إذا حاولنا قراءة البيانات الموجودة في الجدول الرقم (٤ ـ ١٥) فسنجد أن منتديات الدعوة هي الأكثر ازدحاماً بصفحات الويب التي تناقش فيها مفردات الأنموذج الإيماني، وكذلك الحال

بالنسبة إلى الشبكات الإسلامية، بينما نلاحظ وجود انحسار ملحوظ في مواقع فتاوى العلماء بمعالجة هذه المسائل المهمة.

أما بيانات الجدول الرقم (٤ ـ ١٦) فتُظهر وجود اهتمام كبير بمفردات الأنموذج الإيماني، وبنسبة تقل بوضوح عن المواقع الإسلامية، لكنها تؤشر في الوقت نفسه إلى تسلل هذه المفردات إلى المنتديات العربية الثقافية، والنفسية، والاقتصادية، والعلمية، والتعليمية.

خلاصة القول في هذا المقام هي أن مفردات الأنموذج الإيماني انتشرت بكثافة كبيرة على مختلف أشكال صفحات الويب العربية، سواء كانت صبغة المواقع إسلامية صرفة، أو مواقع عامة، أو حتى في مواقع الحاسوب. وهذه البيانات تؤكد بروز وعي جديد بمسألة الإيمان، وعوارضه، ومسائل أخرى بات المتغير الثقافي والسياسي يطرحها بقوة على المواطن المسلم في جميع بقاع الأرض.

بيد أننا نؤكد حقيقة وجود هوة شاسعة بين الإكثار من ذكر مفردة من المفردات الإيمانية، وإدراك دلالاتها ضمن الأنموذج الإيماني السليم، حيث لا شائبة تكدّر صفو الإيمان، ولا هوى متبع يحيل عمل المسلم إلى هباء منثور. كما أنها تؤكد في الوقت نفسه ضرورة نهوض علماء الأمة ودعاتها بدور فاعل يدعم الرغبة الصادقة لدى عامة المسلمين، فيوجه حوارهم باتجاه فيه صلاحهم، ودرء غائلة الفرقة والخلاف بينهم.

الجدول الرقم (٤ ـ ١٥)

تفاصيل المفردات الإيمانية المنتشرة في مختلف مواقع الإنترنت (بحسب ورودها في الموقع)

المحور	في عنوان الوثيقة						في متن الوثيقة					
	الإنترنت	مواقع إسلامية	الأخبار	المدونات	المنتديات	الصور	الإنترنت	مواقع إسلامية	الأخبار	المدونات	المنتديات	الصور
الإيمان	٢,٠٩٣,٥٤٣	٢٠٣,٤٥٣	٣,٦٣٨	٢٣٩,٨٨٦	١٠٠,٧٤٠	٢,٨٧٦	٩,٠٠٦,٥٦٣	١,٠٣٢,٣٤٣	١٧,٢٠٣	٤٠٥,٣٥٤	٣٩٧,٨٣٧	٢,٥٦٢
عوارض الإيمان	٥٢٢,٩٨١	٦٧,٤٩٢	١,٠١٣	٤٠,٥١٣	٢٦,١٠٧	٢٠٨	٤,٤١٥,٩٥٤	٢٩٤,٣٩٦	١٢,٣٧٧	٢٥٠,٤٧٠	١٣٩,٥٨٧	٢١٢
الإتباع	٦٥٨,٩٦٦	٧١,٣٥٠	١,٧٢٧	١٤٤,٨٩٤	٢٣,٥٤٦	٧,٤١٧	٨,٧٥٧,٨٧١	٦٤٥,٠٠٦	٢٨,٦٠١	٦٦٥,٥٤٣	٢٣٨,٢٤٢	٧,٤١٧
البدع والمبتدعون	١٠٢,١٥٨	١٣,٢٤٩	١٠٣	٥,٦٨٥	٣,٢٤١	١٢١	٨٨٢,٣٦٦	١٢٢,٧٩٤	١,٣٠٠	٢٨٨,٣٨٨	٣١,٤٦١	١٢١
رجال الإيمان ومناوئوهم	٣,٧١٤,٢٨٩	٤١٧,٦٠١	١٦,٦٠٣	٤٩٥,٠٩٥	١٦١,٣٥٧	٢,٢٤٦	١٧,٥٨٩,١٣٥	١,٦٠٩,٣٧٩	٥١,٥٤٤	١,٤٥٩,٤٩٩	٦٠١,٩٥١	٢,٢٠٤

الجدول الرقم (٤ ـ ١٦)

تفاصيل المفردات الإيمانية المنتشرة في أصناف المواقع الإسلامية المختلفة

الكلمة	عام	دعوة	سنة	شيخ	شبكة إسلامية	مكتبة إسلامية	قرآن	فتاوى	شيعة	إذاعة	مجلة إسلامية	حديث	نصرة النبي	إعجاز علمي	المرأة	مسجد
الإيمان	٢٣,١٣١	١٧,٨٢٩	١٤,٧١٠	١٣,٠٧٠	٦,٣٩٨	٢,٢٦٩	١,٧٤٥	٤٠٧	٢,٥٣٠	١,٥٤٥	٥,٩٥٠	٣,١١٢	٥٧٢	٦٧٦	١٥٨	١١,٧٥٣
عوارض الإيمان	٧,٧٦٣	٨,٠٥٥	٥,٢٧٦	٢,٧٠٠	٢,٤٩٢	٣,٠٤٤	١,١٠١	٣٥٣	٨٣٢	٦١١	٤,٥٠٤	٨٨٠	٥١٩	١٥٨	٨٨	٢٩٧
الإتباع	٧,٨٨٧	٧,٣٧٤	٢,١٤٠	٢,٩٧٦	٢,١٣٢	١,٢٢٠	٨١٧	٣٦٠	٣٧٨	٣٨٩	١,١٩٣	٩٧٦	١٤٩	١٠٥	١١٩	١٣٥
البدع والمبتدعون	٩١٩	١,٠١٦	٢٧٧	٣٠٠	٣٢٤	٣٠٩	٢٥٨	٨٥	٧٧	٣٧	٤١٣	١١٠	٢٥	١٢	٥	٣٩
رجال الإيمان ومناوئوهم	٣٢,٤٣٠	٣٥,٣٦١	٤,٨٦٣	٦,٠٤٦	١٣,٥٠٠	٧,٦٦٦	٣,٠١٥	١,٨١٩	١,٨٦٥	١,٦٩٧	٢,٧٢٥	٥,٤٦٤	١,٦٣٩	٧٤٣	٤٣٧	٦٩٣

الجدول الرقم (٤ ـ ١٧)

تفاصيل المفردات الإيمانية المنتشرة في أصناف المنتديات العربية المختلفة

الكلمة	إسلامي	عام	اقتصادي	نفسي	المرأة	ثقافي	حاسوب	علمي	تعليمي	طب	أخرى
الإيمان	٢٢,٦٦٩	٨,٣٢٩	١,٤٣٥	٢٦٩	٢,٨٢٩	٢,١٦٧	٤٤٤	٨٥٩	٤٣٨	١٠٥	٤٨٠
عوارض الإيمان	٢,٢٩٤	١,٢٩٧	٧٧	١٦٠	٣٠٩	٦٤	٤٦	٤١	٢١	٤	٨٤
الإتباع	١,٩٤٨	١,٣٥٠	١١٠	٥٠	٣٥٨	١٠٨	٣٩	٢٢	١٣	٥	٣٩
البدع والمبتدعون	٣٠٥	٢١١	١٢	٨	١١	٢٩	١٥	٠	٢	١	١٢
رجال الإيمان ومناوئوهم	٦,٧٦٩	٥,٨٢٩	٣٥٠	١٧٤	٦٢	٢٢٧	١١٦	٧٢	٥٢	٧	٢١٤

على صعيد آخر، تعدّ عملية «التمثيل المرئي» للنصوص (Visualization) من التحديات الكبيرة التي تشخص إزاء معالجات الحوسبة الذكية. وتكمن موارد هذه التحديات في حضور سمات مثل: التجريد، وعدم الترتيب، والغموض، ووجود ترابطات متعددة بين الكلمات المتجاورة، وتلك التي تستوطن عبارات أخرى.

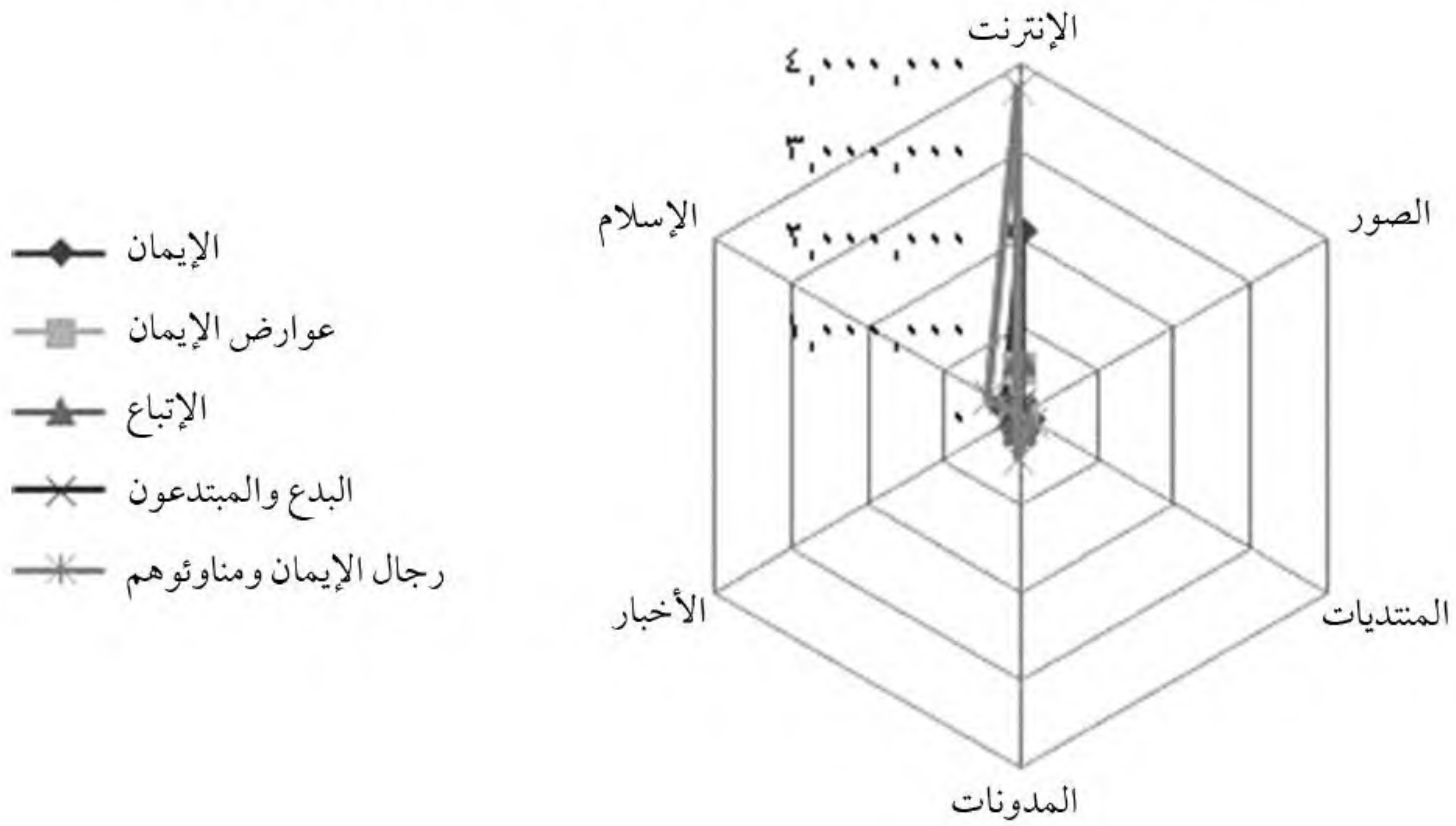
من أجل هذا لم تفلح الكثير من المعالجات التي حاول الباحثون من خلالها تمثيل النصوص الكبيرة في مخططات رسومية، بسبب تداخل العقد الرسومية، وتعقّد وصفها الرسومي إلى مستوى يحيل مخططاتها إلى مجموعة متراكبة من العقد المتشابكة التي لا تمنحنا فرصة للفهم، أو التفسير.

ولتجاوز هذه العقبة تبرز أمامنا فرصة انتخاب فئة أو مجموعة محددة من مادة النص لتجاوز عقبة التداخل، وتغييب سمة التعقيد التي قد تنشأ عن كبر حجم النص، وتفرعات الخطاب الذي أودع في مادته المعرفية. وقد حاولنا تجاوز هذه العقبة في اللجوء إلى اصطلاحات منتخبة من النصوص المودعة على مواقع الويب، وسعينا إلى وصفها في مجموعة من المخططات الرسومية للتعبير عن الجزء المهم من المحتوى.

وقد أدرجت البيانات التي نجح الأنموذج باستقصائها من مواقع الشبكة العنكبوتية، والواردة في الجداول ذات الأرقام (٤ ـ ١٤) و(٤ ـ ١٥) و(٤ ـ ١٦) في مجموعة من مخططات الويب، كما في الأشكال (٤ ـ ١٨) ـ (٤ ـ ٢٣).

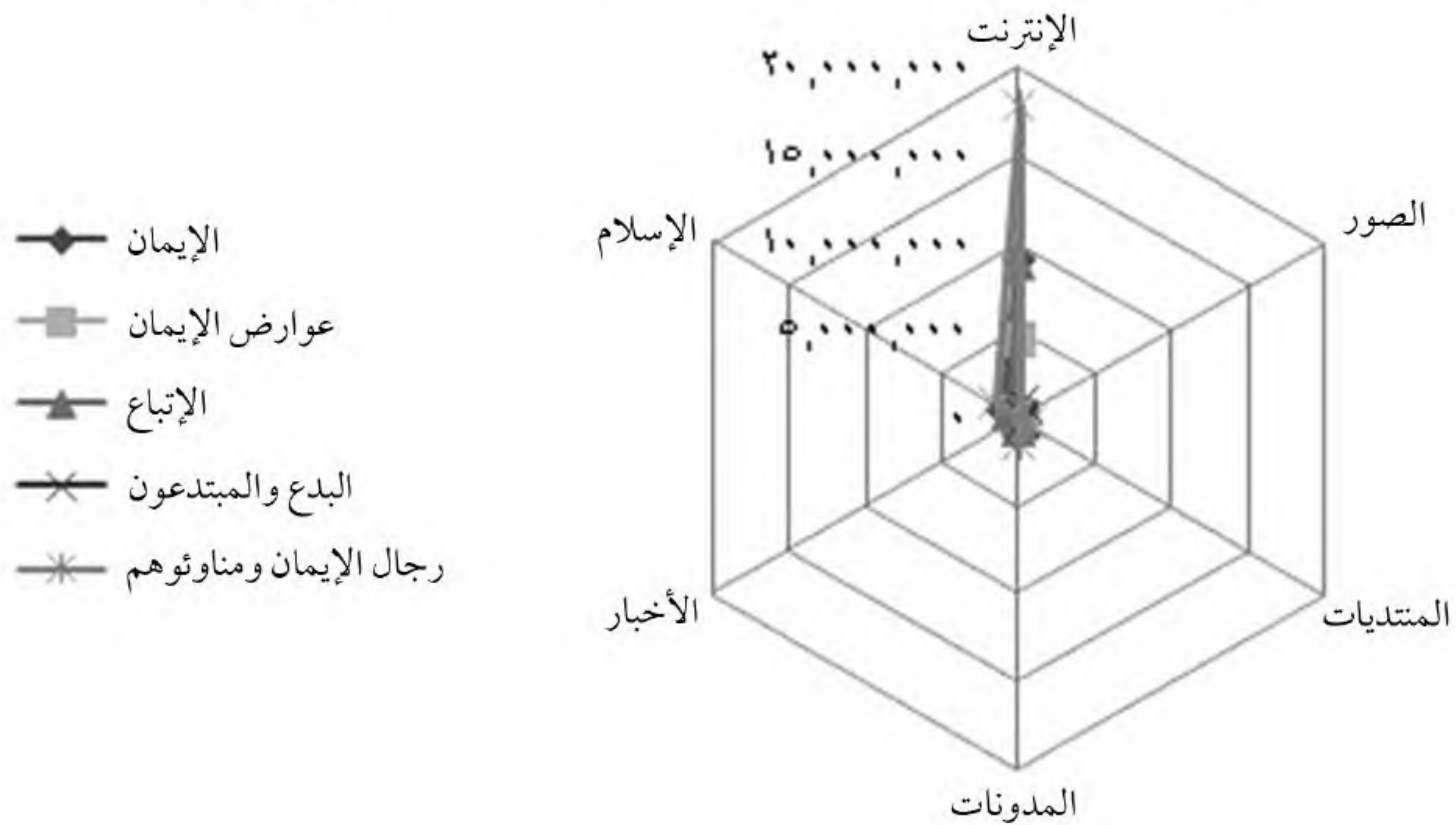
الشكل الرقم (٤ ـ ١٨)

مستوى حضور مفردات محور الإيمان على مختلف مواقع الإنترنت



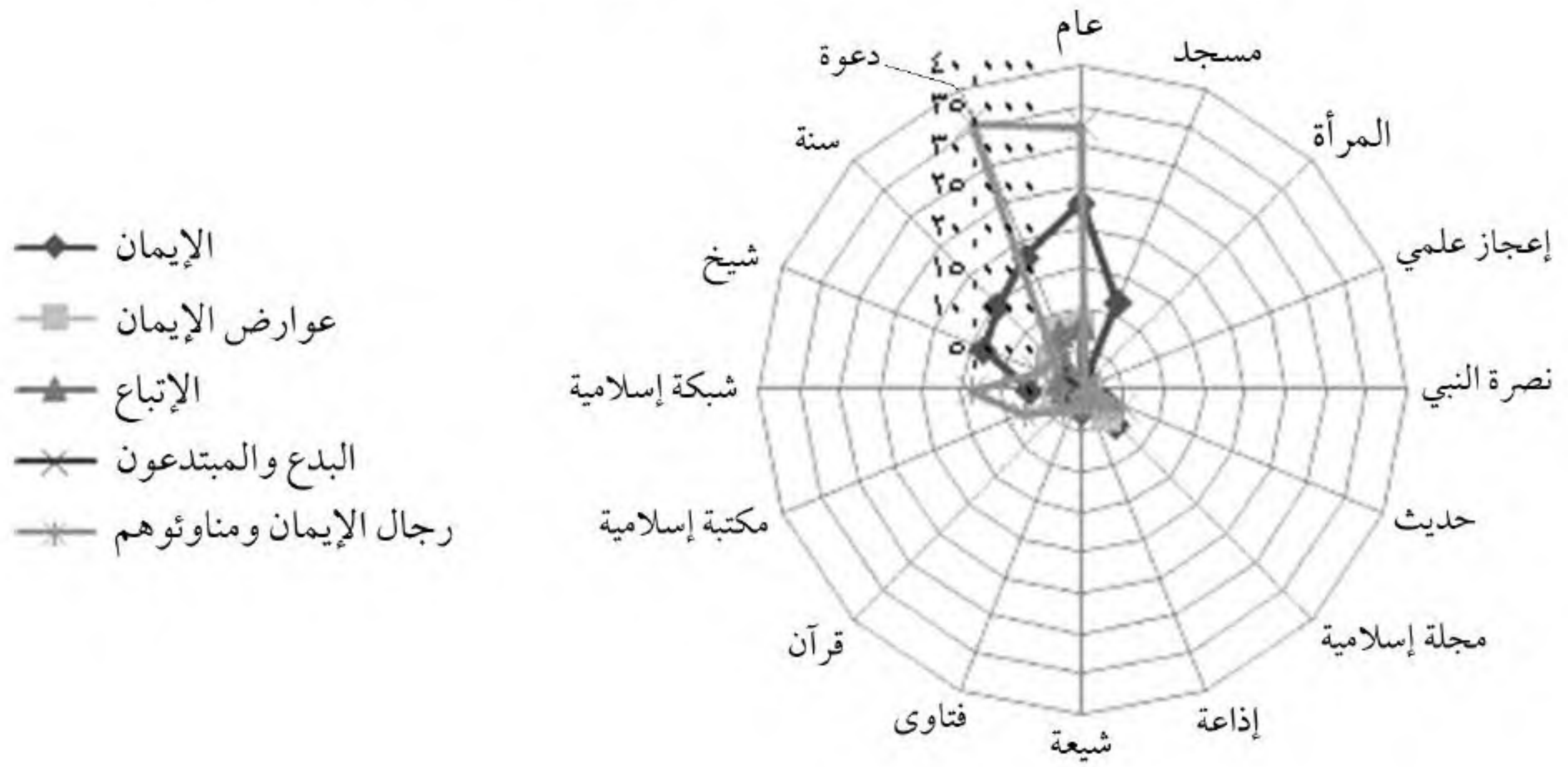
الشكل الرقم (٤ ـ ١٩)

مستوى حضور مفردات عوارض الإيمان على مختلف مواقع الإنترنت



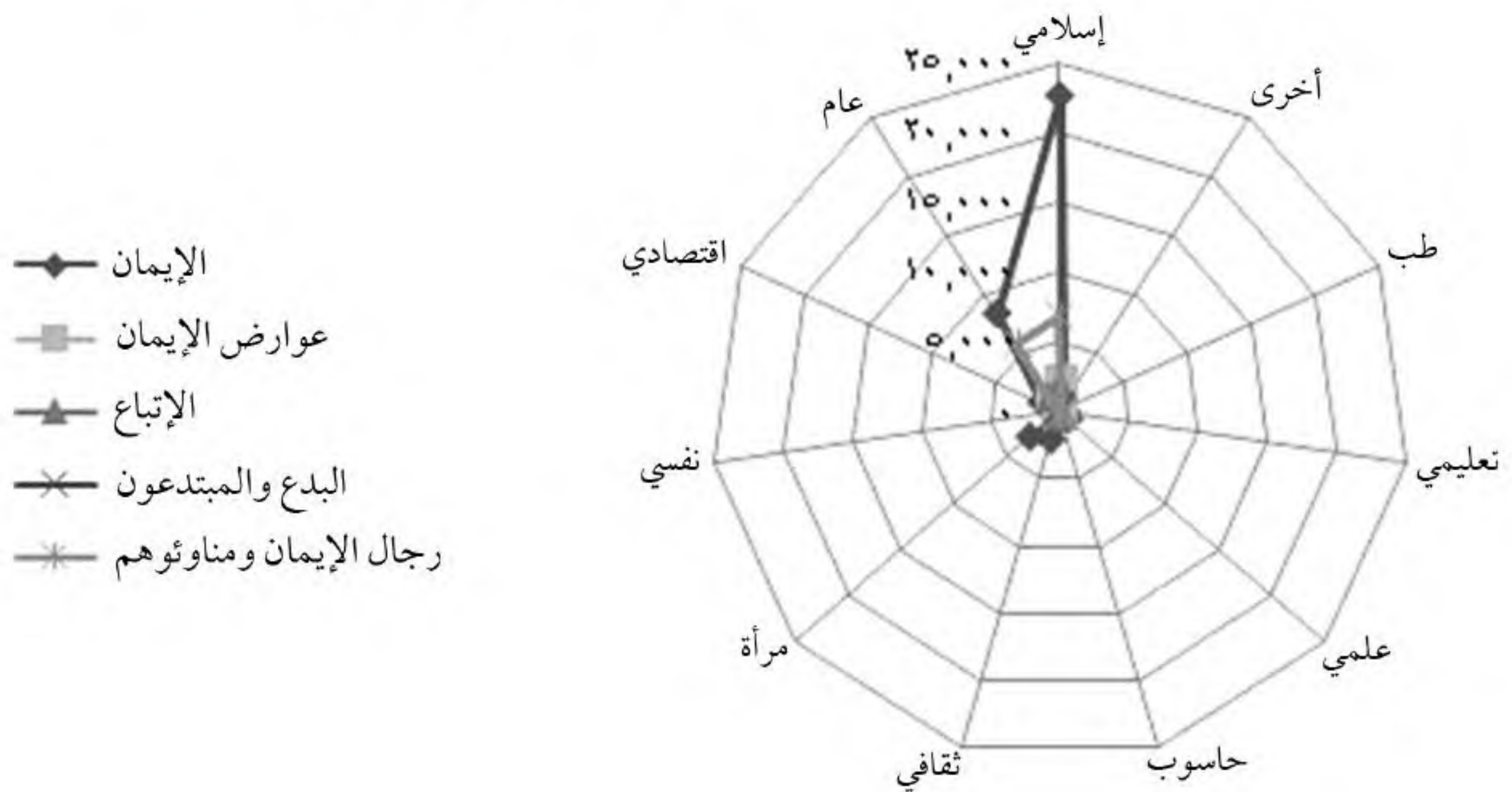
الشكل الرقم (٤ ـ ٢٠)

مستوى حضور مفردات معالم الإتباع على مواقع الإنترنت المختلفة

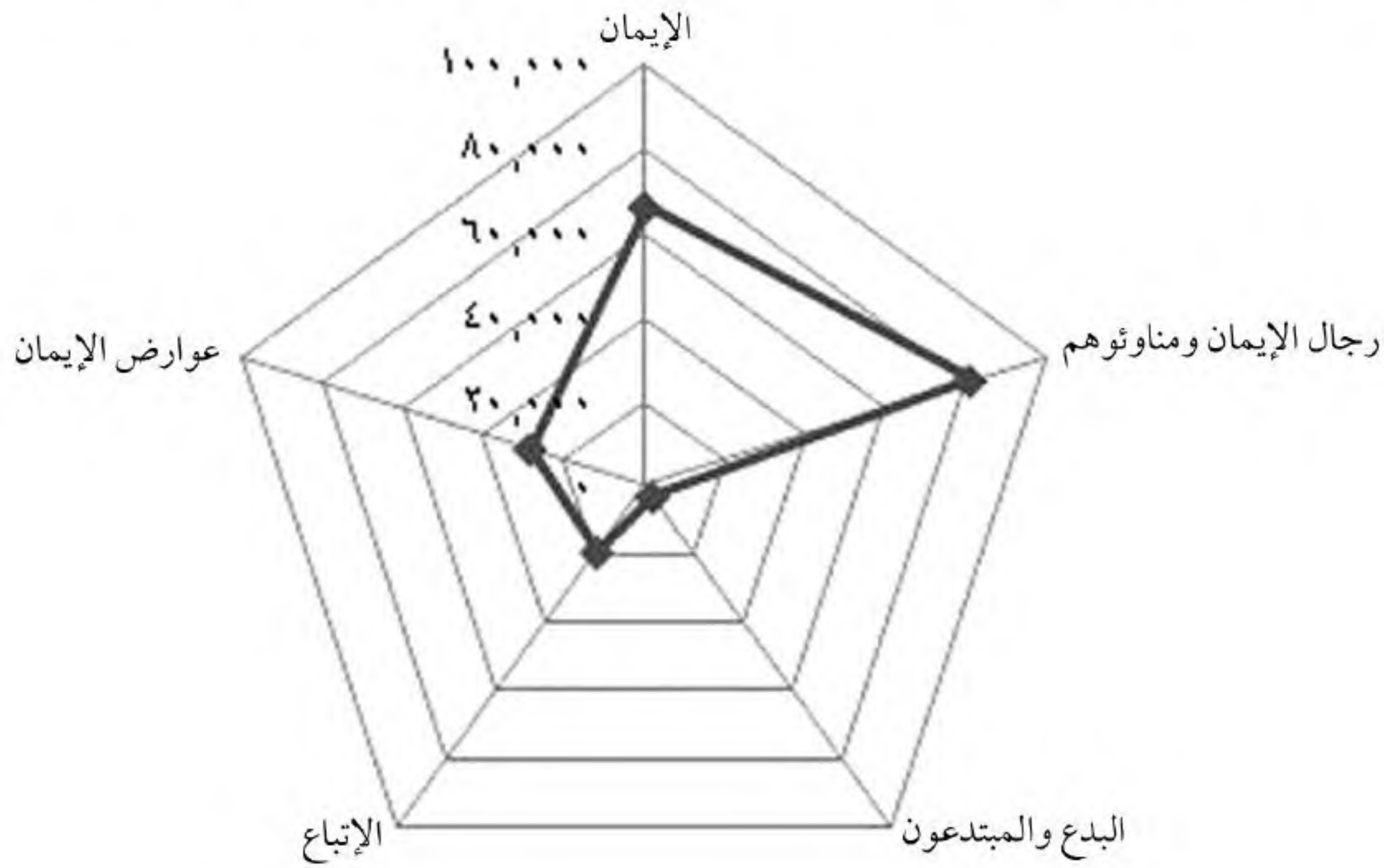


الشكل الرقم (٤ ـ ٢١)

مستوى حضور مفردات البدع والمبتدعين على مواقع الإنترنت المختلفة

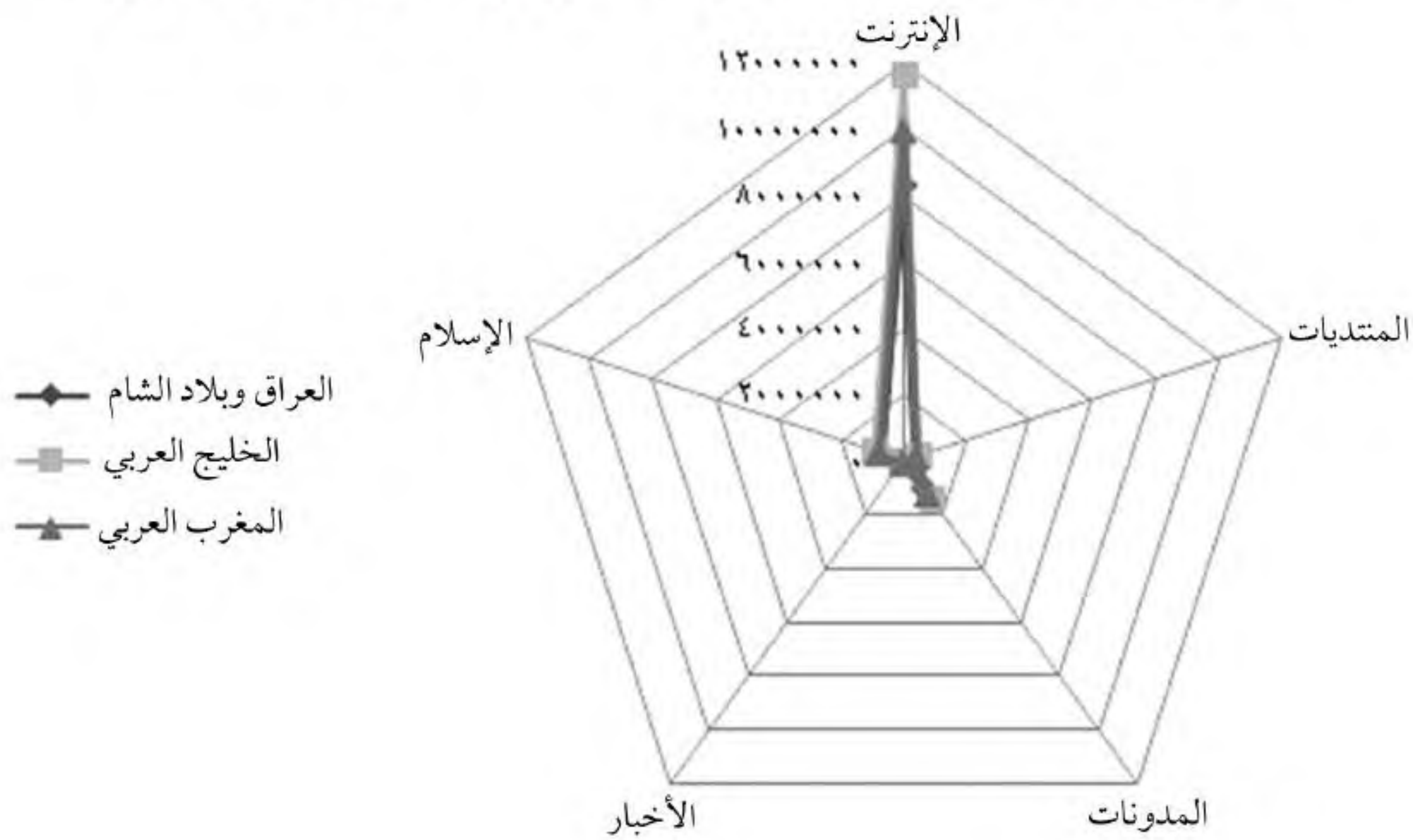


الشكل الرقم (٤ ـ ٢٢)
مستوى حضور مفردات رجال الإيمان ومناوئيهم على مواقع الإنترنت المختلفة



من جهة أخرى، حاولنا تتبع جغرافية طرح الخطاب الإيماني، فوجهنا عنايتنا إلى تحديد هوية البلدان العربية ومستوى توظيف مفردات محاور الأنموذج الإيماني، وأودعناها في الشكل الرقم (٤ ـ ٢٣).

الشكل الرقم (٤ ـ ٢٣)
مستوى حضور مفردات الأنموذج الإيماني في أقاليم الوطن العربي



ويظهر المخطط أن الفيض المعلوماتي الصادر عن مضيفات خدمة الإنترنت في دول الخليج العربي هو الأكثر غزارة (نحو ١٢,٠٠٠,٠٠٠ صفحة ويب تضم مفردات محاور الأنموذج الإيماني)، وهو ما يؤشر نحو الاهتمام الكبير الذي توليه المنطقة بهذه المسائل، تأتي بعدها دول المغرب العربي (نحو ١٠,٠٠٠,٠٠٠ صفحة ويب تضم مفردات محاور الأنموذج الإيماني)، في حين يأتي العراق وبلاد الشام في المرتبة الأخيرة بالنسبة إلى حجم الاهتمام بتوظيف هذه المفردات في خطابها الإسلامي المطروح على الإنترنت (نحو ٨,٠٠٠,٠٠٠ صفحة ويب تضم مفردات محاور الأنموذج الإيماني).

بالمقابل، يظهر وجود تكافؤ في حجم المواقع الإسلامية في المحاور الخمسة، بينما تتفوق مدونات المغرب العربي على بقية المواقع الإسلامية في المناطق الأخرى في معالجة هذه المسائل وتفريعاتها (نحو ٢٠٠٠,٠٠٠ صفحة ويب تضم مفردات محاور الأنموذج الإيماني).

الفصل الخامس

التنقيب في البيانات والنصوص ومواقع الويب

أولاً: مبررات ولادة تقنية التنقيب في البيانات

ذهبت المجلة التقنية المشهورة **زدنت نيوز** *(ZDNET News)* إلى اعتبار تقنية التنقيب في البيانات (Data Mining) من أكثر التطورات التقنية الواعدة خلال العقد القادم، كما اختارتها المجلة التقنية لمعهد (MIT) بوصفها أفضل عشر تقنيات وليدة يؤمل أن تسهم في إحداث تغييرات حاسمة في عالمنا المعاصر[1].

برزت تقنية التنقيب في البيانات بوصفها نتيجة حتمية للنمو المتزايد في حجم البيانات والمعلومات التي باتت تسري في البيئة الرقمية العولمية بعد أن أفرزت تقنيات المعلومات والاتصالات حزمة عريضة من الأدوات والتقنيات، بدءاً بالحاسوب الشخصي وأجياله المتعددة، وانتهاء بمراقب المراقبة الفلكية التي تستقصي البيانات من أعماق الفضاء السحيقة، والتي أسهمت جميعاً بتدفق هائل من هذه الموارد إلى المستودعات الرقمية، وقواعد البيانات الوطنية، والحكومية، والشخصية، فضاقت البيئة الرقمية بما احتوته وسائط الخزن من محتوى رقمي متنوع، ومتسع المدى[2].

---

(١) Daniel T. Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining* (New York: Wiley and Sons, 2005).

(٢) تستخدم وحدة Byte لقياس حجم البيانات. ويحتوي البايت الواحد ثماني Bits ثنائية، أو سلسلة رقمية تتألف من ثمانية أصفار و/أو وحدات. وعليه يمتلك البايت الواحد القدرة على تمثيل ٢^٨ أو ٢٥٦ قيمة مختلفة. في البداية كانت القدرة الاستيعابية للبايت كافية لخزن البيانات ذات الصلة بالحرف الواحد، والرموز، والأرقام.

استحدثت وحدة البايت بداية لقياس بيانات الحروف، وأضحت تستخدم لقياس حجم مختلف أنماط البيانات الرقمية التي تختزن في الوسائط والمستودعات الرقمية المختلفة. وقد واكب المصطلح التطور في حجم البيانات، فظهرت وحدات جديدة، لا تعدو عن كونها مضاعفة للوحدة التي تسبقها بمقدار ١٠٢٤. فأضحى جيل وحدات القياس الجديدة يتألف من صف طويل يبدأ بوحدة Byte، ثم يأتي من بعده Kilo Bytes، Mega Bytes، Giga Bytes، Terra Bytes، Exa Bytes، Peta Bytes، وأخيراً صار لدينا وحدة ماموثية جديدة هي Zetta Bytes.

وتعادل سعة Zetta Bytes نحو مليار Terra Bytes. وإذا أردنا أن نخمّن هذا الحجم الهائل جداً، يمكننا القول إن جميع ما أنتجه العقل البشري من جميع أشكال البيانات، والمعلومات، والوسائط، خلال تاريخه الطويل، لا يتجاوز بضع وحدات من هذه الوحدة العملاقة!

ويظهر في الجدول الرقم (٥ ـ ١) حجم البيانات الرقمية التي أنتجها الجنس البشري خلال السنوات ما بين ٢٠٠٥ و٢٠١١، والتي باتت تتضاعف سنوياً خلال هذه المدة.

أما إذا أردنا أن نتتبع حجم تداول المعلومات خلال الدقيقة، وعلى المستوى العولمي، فسنصاب بالدهشة للوهلة الأولى بسبب تنامي حجم تداول البيانات والمعلومات ضمن الفيض المعلوماتي الهادر في النسيج الشبكاتي الرقمي؛ (انظر الجدول الرقم (٥ ـ ٢)).

الجدول الرقم (٥ ـ ١)

حجم البيانات الرقمية المنتجة عالمياً خلال الأعوام ٢٠٠٥ ـ ٢٠١١

مليار جيغابيت

السنة	حجم البيانات الرقمية
٢٠٠٥	١٧٠
٢٠٠٦	١٨٠
٢٠٠٧	٣٢٠
٢٠٠٨	٤٠٠
٢٠٠٩	٦٤٠
٢٠١٠	١٢٠٠
٢٠١١	١٧٩٠

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على: Patrick Tucker, «Anonymity Impossible?: As the Amount of Data Expands Exponentially, Nearly All of it Carries Someone's Digital Fingerprints,» *MIT Technologie Review* (7 May 2013), <http://www.technologyreview.com/news/514351/has-big-data-made-anonymity-impossible>.

الجدول الرقم (٥ ـ ٢)

تفاصيل التداول العولمي للمعلومات في الدقيقة الواحدة خلال عام ٢٠١٣

النشاط	التداول الرقمي
حجم البحث على موقع Google	٢,٠٠٠,٠٠٠ استعلام بحث
بريد إلكتروني E-mail	٢٠٤,١٦٦,٦٦٧ رسالة
موقع Facebook	٦٨٤,٤٧٨ مشاركة
موقع You Tube	٤٨ ساعة مرئية
مواقع ويب الهواتف المحمولة	٢١٧ مستخدماً جديداً
المدوّنات Blogs	٣٤٧ مدونة

يتبع

تابع

إنشاء مواقع ويب جديدة	٥٧١ موقعاً جديداً
موقع التغريدات Twitters	١٠٠,٠٠٠ تغريدة
تطبيقات نظام Apple	٤٧,٠٠٠ تطبيق برمجي
موقع تداول الصور Instagram	٣,٦٠٠ مشاركة بالصور
موقع الصور Flickr	٣,١٢٥ مشاركة بالصور

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على: Allegra Tepper, «How Much Data is Created Every Minute?,» Mashable (22 June 2012), <http://mashable.com/2012/06/22/data-created-every-minute/>.

وقد أسهمت جملة التحولات التي عصفت بعصر المعلومات في بداية الألفية الجديدة، في بروز حاجة إلى تقنية قادرة على التعامل مع السيل الهادر للمحتوى الرقمي، وبآليات محوسبة من نمط جديد. ولعل من المبررات الأساسية لولادة آليات التنقيب في البيانات(٣):

١ ـ وجود حاجة إلى تقنية ذكية تمتلك القدرة على سبر المحتوى الرقمي واستخلاص عصارته بعد أن تزايد حجم انتاجه إلى مستوى جعله بعيداً من متناول التقنيات التقليدية.

٢ ـ انتشار حضور قواعد البيانات، والنمو المستمر لمحتواها الرقمي، على التوازي مع توافر تقنيات آلية لجمع واستقصاء البيانات.

٣ ـ بروز الدور الفاعل الذي تمارسه الموارد المعرفية، والتي لا يمكن الحصول عليها إلا من خلال سلسلة من المعالجات الذكية لاستخلاص العصارة المعرفية في الموارد المنتشرة هنا وهناك.

٤ ـ توسع دائرة النسيج الشبكاتي لمواقع الويب، وتنوّع مادتها، مع تزايد أعداد المستخدمين، وحاجتهم إلى تقنيات تذلل العقبات المحتملة أمام بلوغ المفردة المعرفية المطلوبة.

(٣) Andreas L. Symeonidis and Pericles A. Mitkas, *Agent Intelligence Through Data Mining* (New York: Springer, 2005).

ثانياً: التنقيب في البيانات:
مراجعة لدلالة المصطلح

تظهر عملية التنقير عن معاني اصطلاح التنقيب في البيانات، وجود تداخل في دلالته، نشأ من عناصر بنيته اللغوية والدلالية. يضاف إلى ذلك وجود تقارب في طبيعة المعالجات التي تسود بيئته وبيئات أخرى يسودها المنطق المحوسب، والتي تمت بصلات مباشرة لعمليات: تحليل الأنماط والنزعات السائدة في هياكل البيانات، أو استخلاص العناصر المعرفية المستوطنة فيها، أو ممارسة الحفريات في البيانات، أو كري البيانات وغربلتها(٤).

فبرزت اصطلاحات: التنقيب في البيانات، و«التنقيب في النصوص» (Text Mining)، و«الكشف عن المعرفة» (Knowledge Discovery)، واستخلاص المعرفة (Knowledge Extraction)، و«التنقيب في مواقع الويب» (Web Mining).

وقد ينشأ التداخل كنتيجة حتمية لوجود مساحات مشتركة للعمليات المحوسبة التي تجرى في هذا الحقل أو ذاك. ومثاله التنقيب في البيانات الذي يُعنى بالبيانات المستودعة في قواعد البيانات، بينما يُعنى التنقيب في النصوص بمادة النصوص الموجودة في مختلف أشكال الوثائق، ويقتصر التنقيب في محتوى مواقع الويب على هذه المواقع، سواء كانت بيانات أنطولوجية أو وثائق النص التشعبي.

أما الفرق الذي يفصل عملية التنقيب عن عملية الاستخلاص، فقد ذهب البعض إلى تفسيره على أساس اعتبار عملية التنقيب في المعلومات مرحلة من مراحل متعددة تروم استخلاص المورد المعرفي من البيانات.

من أجل هذا فليس بمستغرب أن نجد أكثر من تعريف اصطلاحي يعالج مسألة التنقيب في البيانات ومتعلقاتها مع تقنيات أخرى. بداية سنحاول أن نعرض هذه التعريفات تمهيداً لتوفير مناخ مفاهيمي متماسك في تحديد ملامح أكثر الاصطلاحات قرباً من هذه التقنية وطبيعة الآليات التي تمارسها على البيانات والنصوص (انظر الجدول الرقم (٥ ـ ٣)).

---

(٤) Jiawei Han and Micheline Kamber, *Data Mining: Concepts and Techniques*, 2nd ed. (Amsterdam: Morgan Kaufmann Publisher, 2006).

الجدول الرقم (٥ ـ ٣)
أهم التعريفات الاصطلاحية المطروحة للتنقيب في البيانات

الباحث/ الباحثون	التعريف الاصطلاحي
Andreas L. Symeonidis and Pericles A. Mitkas, *Agent Intelligence Through Data Mining* (New York: Springer, 2005).	التنقيب في البيانات هي عملية اكتشاف الأنماط المستبطنة في البيانات من دون حضور فرضيات مسبقة توجّه مسارات عملية البحث. وتوظّف الأنماط المكتشفة لتفسير سلوك البيانات، أو التنبؤ باتجاه التغييرات التي تسري في كيانها
Juan Velasquez and Vasile Palade, *Adaptive Web Sites: A Knowledge Extraction from Web Data Approach* (Amsterdam: IOS Press, 2008).	التنقيب في المعلومات هي لباب عملية استكشاف المورد المعرفي عبر استخلاص الأنماط التي تستوطن في مادة البيانات.
Daniel T. Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining* (New York: Wiley and Sons, 2005).	التنقيب في البيانات هي عملية اكتشاف المغزى الذي يستبطن حضوره في: العلاقات، أو الأنماط، والنزعات وذلك بغربلة محتوى حجم كبير من البيانات المختزنة في المستودعات الرقمية، وذلك باستخدام تقنيات تمييز الأنماط، مع معالجات رياضية وإحصائية محوسبة.
	التنقيب في البيانات هي عملية تحليل حجم كبير من البيانات لإيجاد علاقات معنوية وتلخيص المحتوى بأساليب أدبية، تجعل من المحتوى أقرب إلى الفهم، وأكثر فائدة لمن يمتلك هذه الموارد.
	التنقيب في البيانات يعد حقلاً متعدد التخصصات يوظف تقنيات متنوعة، تشمل: تعلّم الآلة، وتمييز الأنماط، والتحليل الإحصائي، وقواعد البيانات، والتصوير المرئي لمعالجة مسألة استخلاص المعلومات من قواعد بيانات عملاقة.
Jiawei Han and Micheline Kamber, *Data Mining: Concepts and Techniques*, 2nd ed. (Amsterdam: Morgan Kaufmann Publisher, 2006).	يشير اصطلاح التنقيب في البيانات إلى استخلاص أو استنباط الخلاصة المعرفية من موارد البيانات وقواعدها.

من جهتنا، نرى أن التنقيب في البيانات معالجة محوسبة توظف تقنيات الذكاء المحوسب لسبر محتوى البيانات، والتنقير عن الأنماط والنزعات السائدة فيه، والسعي إلى استكشاف عناصر الموارد المعرفية التي قد تتخفى داخل قواعد البيانات. وتتضمن هذه المعالجات المراحل الآتية(٥):

ـ تحديد نطاق التطبيق الذي نروم استخدامه في عملية التنقيب.

ـ اختيار مادة البيانات التي نروم التنقير في نسيجها.

ـ تنقية البيانات لإزالة موارد الغبش والتناقض التي قد تسود كيانها.

ـ المعالجة الأولية لموارد البيانات وتهيئتها حسب متطلبات آليات الحوسبة الذكية.

ـ تكامل موارد البيانات ولملمة عناصرها المختلفة.

ـ انتقاء العناصر المهمة من البيانات، وتحويلها إلى أنماط رقمية قابلة للمعالجة.

ـ اختيار الخوارزميات المناسبة لممارسة عملية التنقيب في المعلومات.

ـ مباشرة عملية التنقيب في البيانات وتتبع الأنماط السائدة في نسيج مادتها.

ـ تفسير الأنماط والنزعات التي كشفت عملية التنقيب عنها وتحويلها إلى قواعد معرفية يسترشد بها في صناعة قرار، أو التنبؤ بمسائل محددة.

وقد ذهب الباحثان هان وقمبر(٦) إلى وضع هدفين أساسيين أمام الأنشطة المعرفية التي تمارسها هذه التقنية: **الهدف الأول**، لمنحنا القدرة على «التنبؤ» (Prediction)؛ **والثاني**، لدعمنا بالقدرة على «الوصف الدقيق» (Description).

وعلى هذا الأساس سيشخص أمامنا في هذا المضمار نوعان من أنشطة التنقيب في المعلومات، هما:

الأول، «تنقيب نصّي تنبُّئي» (Predictive Data Mining) يسعى إلى إنشاء أنموذج لوصف النظام الذي يصف مجموعة البيانات التي نتناولها بالدراسة والتحليل، ويمتلك القدرة على تصنيف مفردات الخطاب، إلى كيانات معرفية وفق أنساق محددة مسبقاً، أو في ضوء النتائج التي توفرها لنا عملية التنقيب المعلوماتي.

(٥) Soumen Chakrabarti, *Data Mining: Know it All* (New York: Morgan Kaufmann Publishing, 2009).

(٦) Han and Kamber, Ibid.

الثاني، «تنقيب نصّي وصفي» (Descriptive Data Mining) يقوم بتوليد معلومات جديدة، تمتلك قيمة معرفية، من مجموعة البيانات التي نتناولها بالدراسة والتحليل، عبر سبر الأنماط السائدة في النص، وطبيعة العلاقات القائمة بين مفردات خطابها.

ويمكن أن نوغل في تحليل عناصر المهام التي تمارسها عمليات التنقيب في المعلومات، لتبرز أمامنا مهام جديدة تنهض بأعبائها هذه التقنية الرقمية، وهي(٧):

١ ـ تحليل استكشافي للبيانات «EDA» يمارس سلسلة من عمليات التحري والمراجعة لمحتوى البيانات من دون توافر صورة واضحة المعالم عما نروم بلوغه من هذه المعالجة المحوسبة.

٢ ـ أنموذج(٨) وصفي لمادة البيانات بقصد إنشاء هيكلة مفاهيمية لوصف المحتوى، أو بيان طبيعة العمليات التي قد نشأت عنها مادته.

٣ ـ أنموذج تنبُّؤي لمادة البيانات يتضمن عمليات تبويب وتصنيف البيانات، بغرض إنشاء هيكلة مفاهيمية وأنموذج رياضي يمنحنا القدرة على التنبؤ بمخرجات إحدى متغيرات النص بواسطة بيانات لمتغيرات أخرى.

٤ ـ سبر الأنماط، والنزعات، والقواعد التي نروم نوالها من مادة النص من خلال تطبيق عمليات تتبع الأنماط، والنزعات، واستخلاص القواعد، من دون اللجوء إلى بناء أنموذج مفاهيمي تسترشد به عملية التنقيب.

٥ ـ استرداد البيانات على أساس المحتوى بقصد العثور على الأنماط المماثلة في مجاميع البيانات التي تمتلك نمطاً بذاته.

وفي الوقت ذاته نود تأكيد حقيقة مهمة هي أن التنقيب في البيانات جزء لا يتجزأ من سلسلة معالجات محوسبة تتعامل مع البيانات المهيكلة وفق الأنموذج الذي يسود في قواعد البيانات، أو البيانات غير المهيكلة التي تستقر كنصوص في الوثائق بمختلف

---

(٧) Warren Liao and Evangelos Triantaphyllou, *Recent Advances in Data Mining of Enterprise Data* (New Jersey: World Scientific, 2007).

(٨) نودّ التنويه إلى وجود فارق جوهري بين الأنموذج والنمط. فالأنموذج عبارة عن نسق مفاهيمي أُعِدَّ بلغة رياضية أو منطقية. ويتميّز بكونه يمتلك شمولية في وصف الحالة، ويتّسع للتطبيق والتعميم في أكثر من مجال. أما النمط فلا يعدو عن كونه خاصية ذاتية تقيم داخل حدود البيانات التي تنطبق على نطاق محدّد من البيانات، ولا يمكن أن يبرّر وجودها في حالات أخرى.

أشكالها. ومتى استمر مسار المعالجة نحو التنقير عن مفردة معرفية، أو قاعدة حاكمة لصناعة قرار، ستتحول المعالجة بدورها إلى حقل استنباط المعرفة.

أما عملية التنقيب في النصوص فهي معالجة محوسبة تتخصص بالنصوص المودعة في الوثائق، والتي لا تتسم بنيتها بهيكلة معلوماتية. وتقارب عملية التنقيب في النصوص تلك التي تمارس في البيانات حيث تهدف إلى استخلاص معلومات مفيدة من موارد البيانات عبر استكشاف وتمييز الأنماط التي تستأثر باهتمامنا[٩].

وهناك كثير من السمات المشتركة بين عملية التنقيب في المعلومات وتلك التي في النصوص. وفي الوقت ذاته هناك فروق تضع حدوداً فاصلة تميز إحداهما من الأخرى. فإذا كانت التقنيتان ترتكزان على سلسلة من عمليات المعالجة الأولية الروتينية، وخوارزميات اكتشاف الأنماط المستوطنة في مادة البيانات والنصوص، وطبقات وصف عناصر المحتوى التي تعد بواسطة أدوات الوصف الصوري، فإن التنقيب في البيانات يفتقر إلى استخدام تقنيات أكثر تخصصاً في معالجة محتوى البيانات الذي يخلو من هيكلة بنيوية، مع سيادة مفردات اللغة الطبيعية وبنيتها النحوية في مادة النصوص، والتي تتطلب معالجات لغوية ودلالية من نمط فريد[١٠].

ثالثاً: البيانات: معالجة مفاهيمية

تسود بيئة فضاء المعلومات مجموعة من الاصطلاحات التي تحدد هوية الكائنات والعمليات التي تسود هذه البيئة الرقمية. وإن كانت هذه الاصطلاحات مستمدة من العالم الفيزيائي الذي يقطنه الكائن البشري، فإن استعارتها إلى البيئة الرقمية، قد أضافت إلى محمولاتها معانيَ جديدة، وبعداً معرفياً مستحدثاً، لضمان توافقها مع النسق المفاهيمي الذي يرتكز عليه فضاء المعلومات.

بداية استعيرت لفظة «البيانات» (Data) من «المصطلح اليوناني» (Datum) الذي استخدم في القاموس اللغوي اليوناني للإشارة إلى معطى يمكن أن يستثمر بذاته في تكوين إطار محدد للفهم، أو يمرّ بمعالجة تهدف إلى تعميق محتواه بنمط من أنماط المعالجة الرياضية، أو المنطقية، أو المعلومية.

---

(٩) Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining.*

(١٠) Ronen Feldman and James Sanger, *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data* (New York: Cambridge University Press, 2007).

وقد حفلت الكتب التي تعالج نهج التنقيب في البيانات بتعريفات متنوعة لمفهوم البيانات، حاولنا إيداعها في الجدول الرقم (٥ ـ ٤).

الجدول الرقم (٥ ـ ٤)

نخبة من التعريفات الاصطلاحية للبيانات

البيانات قيم تستمد من التجارب والممارسات العلمية على أرض الواقع.
البيانات معلومات بدائية، أو غير منتظمة بنسق محدد (مثل: الحروف الأبجدية، أو الأرقام، أو الرموز) والتي تستخدم لغرض الإشارة الى، و/أو وصف: حالة/أو مجموعة من الحالات، أو الأفكار، أو الكيانات الواقعية أو المتخيلة.
البيانات معلومات واقعية أعدت بقصد تحليل محتواها، أو لمباشرة سلسلة من العمليات المنطقية، أو لصناعة قرار ما.
البيانات رموز أو إشارات رقمية تستخدم بوصفها مدخلات إلى البيئة المحوسبة، أو تختزن في وسائطه الرقمية، بقصد معالجتها لإنتاج مخرجات تستخدم بوصفها معلومات يمكن توظيفها في حقل آخر، أو صناعة قرار.
البيانات متغيرات عددية، أو أنماط أخرى من المتغيرات، التي تستخدم في بيئة الحاسوب، وتعرض بأسلوب يتناسب مع عمليات الحوسبة التي تمارس في بيئته الرقمية.

وتكاد تتفق هذه التعاريف إلى حد كبير في صيغة الحدود الاصطلاحية للبيانات، مع اختلافات يسيرة لا تكاد ترقى إلى ترسيخ حضور تناقض في مضامينها.

وبدورنا، نرى أن البيانات جزء من ثلاثية مفاهيمية معرفية مجردة[11]، تبدأ بها وتنتهي بالمعرفة. تستقر البيانات في المرتبة الدنيا من الهرم المعرفي بسبب خلوها من معنى يصاحب حضورها بذاتها. اما المعلومات فهي بيانات أضيف إلى محتواها معنى نتيجة لمعالجة معرفية مورست بآليات: رياضية، أو منطقية، أو لغوية. أما المعرفة التي تستقر على قمة الهرم فهي عصارة معرفية تتألف من حقائق وقواعد استنبطت من مادة المعلومات، وبواسطة معالجات ذكية تنتج خارطة طريق منهجية.

والبيانات وفق النسق المعرفي الذي يسود فضاء المعلومات عبارة عن معطى رقمي استنبط من بيئة المعلومات الافتراضية، أو العالم الخارجي الذي يحيط بها. ويشمل هذا

(١١) تتألف هذه الثلاثية من البيانات، فالمعلومات، ثم المعرفة.

المعطى قيمة عددية، أو مفردة لغوية، أو رمزاً، أو مادة من الوسائط المتعددة، أو حقلاً في قاعدة بيانات. ويتميز هذا المعطى بخلوه من المعنى ما لم يمارس عليه أي نمط من المعالجات المحوسبة، أو تربطه علاقة بكائن آخر تضفي عليهما معنى.

والمعنى ـ وفق النسق المعرفي الجديد ـ يتضمن المعاني التي يضفيها الخطاب اللغوي، ويتجاوزها بإضفاء معان جديدة، تنشأ عن الأنماط التي قد تسود مادة البيانات، أو النزعات التي يمكن ملاحقتها في هذه الحزمة أو تلك من مادة البيانات، أو تلك التي تؤشر إلى حضور علاقة معنوية بين مكونات البيانات قد تتأرجح بين علاقة رياضية، أو إحصائية، أو منطقية.

١ ـ البيانات: محاولة لسبر أصنافها وفئاتها

إن الطيف الواسع من المعطيات التي تلتحق بدائرة البيانات، تحتم بروز فئات وأصناف متعددة منها على ساحة المتغير المعلوماتي المحوسب. وتنشأ هذه الفئات والأصناف بوصفها نتيجة حتمية للمنظور الذي تمارسه المعالجات المختلفة على مادة البيانات، فتظهر فئة على أساس هوية المحتوى، وأخرى على أساس الهيكلة البنائية لمادة المعلومات، وثالثة بحسب حقل استخداماتها.

وسنحاول التوقف عند هذه الأصناف والفئات بما يتناسب مع الدور الذي تنهض به الأخيرة داخل حدود البيئة المحوسبة للتنقيب في المعلومات والنصوص، وآليات استخلاص المعرفة.

٢ ـ فئات البيانات بحسب هيكلتها البنائية

تتعامل آلات الحوسبة مع البيانات بوصفها نسيجاً من الكيانات الرقمية التي تؤلف خصائصها الكمية والنوعية، وتسلسل حضورها، وشبكة العلاقات التي تقيمها مع بقية الكيانات، وجزءاً من المعاني والدلالات الملتصقة بهويتها المعرفية.

ولا بد لهذا النسيج من هيكلة بنائية تصف النظام الذي يسوده، وتتدرج في مستوى التعقيد من نمط بدائي يخلو إلى حد كبير من أي هيكلة بنائية، ويرتقي تدريجياً إلى مستوى يتسم بتعقيد في هيكلته نتيجة لتداخل العلاقات، وهوية الكيانات التي تسود فيه.

وعلى هذا الأساس نلاحظ أن البيانات تنقسم إلى **ثلاث** فئات جوهرية:

أ ـ الفئة الأولى: بيانات غير مهيكلة

يعدّ اصطلاح البيانات غير المهيكلة من الاصطلاحات المستحدثة، وقد اقتُرح لوصف مجموعة متنوعة من البيانات التي لا يمكن أن تستوطن في قواعد البيانات، وتتألف من مزيج من «البيانات النصية» (Textual) و«غير النصية» (Non-Textual). وقد تعمّق الاهتمام بهذا النمط من البيانات نتيجة لتنامي القدرات المحوسبة، وتوافر إمكانية التعامل مع بيانات تخلو من الهيكلة، وسبر محتواها بواسطة آليات التنقيب في المعلومات.

تشمل البيانات غير المهيكلة حزمة من بيانات تسودها اللغة الطبيعية، ويتعامل معها الحاسوب، بصورة مباشرة أو غير مباشرة، ولا تمتلك هيكلة بنائية متماسكة. ويشمل هذا الطيف من البيانات: «ملفات النصوص» (Text Files)، و«الوثائق» (Documents)، و«الصحائف الممتدة» (Spreadsheets)، و«ملفات الوسائط المتعددة» (Multimedia Files)، ومحتوى رسائل «البريد الإلكتروني» (E-mail)، ومحتوى المدوّنات «Blogs»، وغيرها من مواد المحتوى المنتشرة في بيئة الفضاء المعلوماتي.

وتشترك هذه الأنماط من الوثائق الرقمية بعدم وجود حاجة إلى استخدام نظم متخصصة لمعالجة المحتوى أثناء تداولها بعمليات إدارة المحتوى، أو الخزن، حيث يتم التعامل معها بوصفها كتلة واحدة، ولا يلتفت إلى عناصر المحتوى على أساس الهيكلة او المعنى. ويصار تحويل البيانات غير المهيكلة إلى بيانات مهيكلة حيث تمارس عملية تحويل مجاميع الكلمات إلى أنساق تتلاءم مع هيكلة قواعد البيانات.

ب ـ الفئة الثانية: بيانات شبه مهيكلة

وتشمل فئة البيانات شبه المهيكلة مجموعة من الملفات التي يلتزم عند إعدادها بتبني المعايير القياسية التي تمنحها فرصة التعامل مع بيانات «واصفة للبيانات» (Metadata) داخل حدود الملف أو في قيود خارجة عنه. وتسهم هذه الخاصية في دعم نظم قواعد البيانات بالتعامل مع هذه الملفات، بصورة جزئية، وبمستوى يجعلها أكثر قرباً من البيانات المهيكلة التي يسود استخدامها في البيئات البرمجية المحوسبة.

ج ـ الفئة الثالثة: بيانات مهيكلة

تشمل البيانات المهيكلة ما يختزن في قواعد البيانات بمختلف أشكالها التقليدية، والعلائقية، والتي تمتلك هيكلة بنائية تلتزم بمعايير البيانات الواصفة للبيانات. ويعد

هذا النمط من البيانات الوسطَ المثاليَّ لممارسة عمليات الحوسبة بمختلف أشكالها، ومستويات تعقيدها.

تتميز البيانات المهيكلة بالبساطة ـ نتيجة للهيكلة البنائية التي تسود عناصرها ـ ويمكن إعادة هيكلتها ومعالجتها، كونها تستقر في هيكلة قواعد البيانات. وتتألف مادتها من مجموعة بنود أو قيود تتوزع على أعمدة أو صفوف، وتصنّف إلى مجاميع تجمعها شبكة متنوعة من العلاقات، وتبوّب على أصناف يجمعها قاسم مشترك من الخصائص النوعية. وتمتلك هذه البيانات حزمة من الخصائص (تصف المحتوى على المستويين النوعي والكمي)، تعتمد كأساس في تصنيفها، وتحديد معالم أساليب المعالجة المحوسبة لكل منها. ويتم وصفها بتنسيقات معيارية (سلاسل أو قيم) وعدد محدد من الرموز والمحارف.

وتسهم هذه الهيكلة في دعم عمليات الحوسبة، لإنتاج معلومات ومعانٍ مفيدة. ويمكن في الوقت ذاته أن تمارس عليها سلسلة من عمليات التصنيف، والتبويب، والاستعلام، والجمع، والتصفية، بحسب الأنموذج الذي نعتمده في معالجتها أو التعامل معها.

لقد جاءت سمة الهيكلة نتيجة لمتطلبات النهج المحوسب الذي يتعامل وفق منطق رياضي/ منطقي صارم. ففرض حضور قواعد البيانات، والأنطولوجيا المحوسبة وهيكلتها الرياضية المنطقية، وقواعد البيانات العلائقية، والبيانات الواصفة للبيانات، وأغفل الهيكلة اللغوية والمنطقية التقليدية التي ألفنا التعامل معها بخطابنا المعرفي التقليدي الذي تسوده عناصر لغتنا الطبيعية.

٣ ـ أصناف البيانات بحسب أنواع متغيراتها

تتوافر مجموعة متنوعة من المتغيرات التي تستخدم لوصف وقياس خصائص الكائن المعلوماتي. وتحتم المعالجات المعلوماتية حضور فهم دقيق بهوية وخصائص المتغيرات التي يتسم بها الكائن الرقمي، لضمان توافق المعالجة مع النسق المعرفي للمتغيرات. وتسهم عملية تعيين نوع المتغير في تحديد حجم الخزين المطلوب، وسرعة وكفاءة عمليات الحوسبة[١٢].

---

(١٢) Chakrabarti, *Data Mining: Know it All.*

بصورة عامة، لا تتمتع البيانات المستخلصة من قواعد البيانات بصيغة يمكن أن يتم التعامل معها ضمن خوارزميات التنقيب في البيانات. من أجل هذا يفتقر الكثير منها إلى معالجات لاحقة كي تكون متوافقة مع متطلبات هذه التقنية الجديدة. وقد عمدنا إلى استقصاء أهم أنواع متغيرات البيانات التي يكثر استخدامها في بيئة التنقيب في المعلومات وأودعناها في الجدول الرقم (٥ ـ ٥) وألحقنا بها ملاحظات نأمل أن تسهم في بيان أهم خصائصها[١٣].

الجدول الرقم (٥ ـ ٥)

أهم أنواع متغيرات البيانات التي تستخدم في التنقيب عن المعلومات

نوع المتغير	الخصائص
متغيرات رمزية (Nominal Variables)	يستخدم هذا المتغير لوضع الكائن في فئات أو مجاميع. وتشمل مجموعة متنوعة من الرموز التي تستخدم لوصف المتغيرات التي تفتقر إلى ترتيب محدد، أو مقاييس لوصفها، أو حضور فارق ملموس في ما بين عناصرها.
متغيرات تراتبية (Ordinal Variables)	تشمل مجموعة من المتغيرات التي اعتمدت التراتبية والتسلسل مبدأ في تبويبها وتصنيفها، ووصفها (أول، ثاني،/ منخفض، متوسط، مرتفع).
متغيرات حقيقية (Real Variables)	تتألف من مجموعة متنوعة من المتغيرات التي يحفل بها واقعنا اليومي، وتمتلك مختلف أشكال المتغيرات: عددية، وتراتبية، وغيرها.
متغيرات ثنائية (Binary Variables)	تعد المتغيرات الثنائية حالة خاصة من حالات المتغيرات الرمزية، حيث تمتلك قيمتين فقط. وتشمل: ٠ أو ١، أو (True/False).
متغيرات الأعداد الصحيحة (Integer)	تتألف من مجموعة متغيرات تحدد له قيم تتألف من أعداد صحيحة.

(١٣) Max Bramer, *Principles of Data Mining* (London: Springer-Verlag, 2007).

٤ ـ فئات البيانات بحسب طبيعة المحتوى

تختلف البيانات بحسب المحتوى المطروح فيها، والذي يرتبط إلى حد كبير بطبيعة وغايات استخداماتها. وقد برزت مجموعة متنوعة من الأساليب المعتمدة في تقسيم البيانات. على هذا الأساس، وجدنا أكثرها قرباً إلى دائرة اهتمام دراستنا الفئات التي أودعناها في الجدول الرقم (٥ ـ ٦).

الجدول الرقم (٥ ـ ٦)

فئات البيانات بحسب طبيعة المحتوى السائد فيها

الفئة	التفاصيل
بيانات أساسية (Master Data)	تضم حزمة متنوعة من البيانات التي تصف الكيانات الأساسية: أشخاص، أماكن، وأدوات، تستوطن داخل حدود البيئة التي نروم دراستها.
بيانات الإجراءات (Transactional Data)	تصف هذه البيانات أحداثاً تسود في الكيان الداخلي أو خارج البيئة التي نُعنى بدراستها، ويصار إلى تصنيفها على أساس مجاميع وبنود.
بيانات مرجعية (Reference Data)	تضم مجموعة متنوعة من البيانات التي تستخدم للتمييز بين مختلف أشكال البيانات، على أساس المجاميع التي تضمها.
البيانات الواصفة للبيانات (Metadata)	تسهم هذه البيانات في تأشير، ووصف، وتحديد مجموعة من خصائص البيانات بحيث تذلل العقبات أمام استخدامها، وتفسيرها، واسترجاعها.
بيانات تاريخية (Historical Data)	تحتوي على مجموعة من الحقائق التي استنبطت من وقائع تاريخية متنوعة.

رابعاً: قواعد البيانات: معالجة مفاهيمية

تشكل البنية الهيكلية لقواعد البيانات العمود الفقاري لمختلف أنماط المعالجات المحوسبة التي تمارس في البيئة الرقمية. من أجل هذا وجدنا من الضروري معالجة

الأسس المفاهيمية لقواعد البيانات، وتوضيح أهم المسائل المرتبطة بها، لنكون على بيّنة عند التعامل مع البيانات المهيكلة، التي تستوطن قواعد البيانات، أو غير المهيكلة، والتي تمر بسلسلة من المعالجات لتحويلها إلى قواعد بيانات متوافقة مع آليات التنقيب في المعلومات(١٤).

بداية، يمكننا القول إن قاعدة البيانات عبارة عن مجموعة من قيود أو بنود لبيانات مترابطة، نظّمت عناصرها كوحدة معلوماتية متكاملة. ويطلق على العناصر التي تتألف منها قواعد البيانات، وتختزن ضمن هيكلتها البنائية اصطلاح كيان قاعدة البيانات. وتمتلك هذه الكيانات خصائص متعددة تتوافق مع الحقائق والمتغيرات التي تصفها من جهة، وطبيعة العمليات الرياضية والمنطقية التي تمارس على عناصرها، من جهة أخرى.

١ ـ أنموذج البيانات

يستخدم «أنموذج البيانات» (Data Model) لوصف هيكلة البيانات التي تودع في قاعدة البيانات، وتدار عناصرها بواسطة «نُظُم إدارة قواعد البيانات» (DBMS). وتتألف هيكلة الأنموذج من «الكيانات البيانية» التي تقيم في قاعدة البيانات (Entities)، وشبكة «العلاقات» (Relationship) التي تربط هذه الكيانات وفق المعمارية المعلوماتية المعتمدة في عملية الوصف.

وتمارس عملية وصف معمارية الأنموذج بواسطة مجموعة من المخططات التفصيلية، التي تحتوي على أصناف ومجاميع البيانات، والعمليات التي تسري في معمارية التطبيق البرمجي المستخدم في عملية المعالجة. ويحتوي أنموذج البيانات على معلومات مهمة عن المعمارية المعلوماتية للبيانات، ويوفر مناخاً داعماً لما يأتي(١٥):

ـ توفير وصف مفاهيمي للكيانات البيانية في نطاق النظام المستخدم، مع تحديد طبيعة العلاقات التي تربط في ما بينها.

ـ توضيح خارطة طريق تنفيذ العمليات البرمجية التي تلتقط مواردها المعلوماتية من قواعد البيانات.

(١٤) Luciano Floridi, *Philosophy and Computing: An Introduction* (London: Routledge; Taylor and Francis Group, 1999).

(١٥) Paulo Merson, «Data Model as an Architectural View,» Technical Note, CMU/SEI2009TN024, Software Engineering Institute, MA, USA (2009).

ـ تحديد طبيعة الإجراءات المطلوبة لتطوير عملية الوصول إلى البيانات الموجودة في قاعدة البيانات.

بصورة عامة، تتوافر **ثلاث** فئات من نماذج البيانات التي تستخدم بكثرة في ميدان إنشاء قواعد البيانات، وإدارتها، هي:

ـ «**الأنموذج المفاهيمي للبيانات**» (**Conceptual Data Model**): الذي يمارس عملية تجريدية لتفاصيل عملية التطبيق من خلال تركيز الاهتمام بالكيانات البيانية، والعلاقات التي تربط في ما بينها، والخصائص التي تمتلكها ضمن نطاق المعالجة المطلوبة.

ـ «**الأنموذج المنطقي للبيانات**» (**Logical Data Model**): يعد مرحلة متطورة للأنموذج المفاهيمي للبيانات، ومحاولة جادة لاستثمار القدرات التي تتمتع بها قواعد البيانات العلائقية باتجاه الإدارة المثلى لمحتوى البيانات الموجودة في هذه القواعد.

ـ «**الأنموذج الفيزيائي للبيانات**» (**Physical Data Model**): ويمارس هذا الأنموذج مهمة إدارة الكيانات البيانية، سواء بتجزئتها، أو دمجها، أو تكرارها، لتوليد مفاتيح لتمييز هويتها، وأرشفتها لضمان حسن إدارتها.

وتتألف مادة أنموذج البيانات من العناصر ذاتها، وتسودها علاقات متنوعة تحكمها هيكلة النظام، وتشخص فيها أنماط متعددة من المحددات والقيود التي تفرضها بنية الأنموذج ومعمارية النظام. وعلى هذا الأساس تشمل المكونات الرئيسة لأنموذج البيانات ما يأتي[١٦]:

(١) **العناصر (Elements)**: وتتألف مادتها من الكيانات البيانية التي تسود قواعد البيانات. ويمثل هذا النمط من الكيانات أي كائن رقمي تتم عملية وصفه في حدود قواعد البيانات، ويتمتع بمجموعة خصائص ذاتية تميزه من غيره من الكيانات. ويمكن أن تتضمن خصائص العنصر ما يأتي:

- اسم الكائن.
- وصف الكائن، والمعنى الذي يحله أثناء حضوره في قاعد البيانات، ومستوى أهميته.

---

(١٦) المصدر نفسه.

• قائمة بما يمتلكه الكائن من مزايا ذاتية تميزه من غيره.

• أهم السمات الجوهرية والأكثر شيوعاً، التي تستخدم لتمييزه من غيره.

• هل تعتمد هوية العنصر على الغير في حضورها، أم تتميز بحضور فاعل ومستقل بذاته؟

• طبيعة المحددات التي تتحدد من خلالها قيمة بعض أو جميع الخصائص الذاتية للعنصر.

• طبيعة القواعد الحاكمة لتوظيف العنصر في عملية من العمليات التي تسود النظام البرمجي.

• العدد المتوقع للحالات التي يمر بها العنصر نتيجة حضوره في قاعدة البيانات، والنظام الذي يستوطن فيه، ومستوى النمو المتوقع في هذه الحالات.

(٢) **العلاقات (Relations)**: بصورة عامة تسود بيانات أنموذج البيانات ثلاثة أنواع من العلاقات:

ـ علاقات تستخدم لبيان الارتباطات المنطقية بين الكيانات البيانية.

ـ علاقات تعميم/ تخصيص تستخدم لوصف العلاقات الوجودية بين الكيانات المعلوماتية.

ـ علاقات تجميع تمارس سلسلة من العمليات التجريدية التي تحول العلاقات بين الكيانات المعلوماتية إلى كيان تجميعي جديد.

(٣) **المعوّقات (Constraints)**: بصورة عامة، لا توجد معوقات طوبولوجية إزاء العلاقات الموجودة في أنموذج البيانات، بيد أن عملية «تطبيع قاعدة البيانات» (Database Normalization) ربما تفرض مجموعة من المعوقات على أنموذج البيانات في ضوء التبعيات بين الكيانات البيانية وخصائصها الذاتية.

٢ ـ أنموذج قاعدة البيانات

يستخدم اصطلاح «أنموذج قاعدة البيانات» (Database Model) لوصف الأسلوب المعتمد في تنظيم ومعمارية بياناتها، وتأسيس العلاقات التي تربط في ما بينها، بنمط يتوافق مع النمط السائد في عالمنا الواقعي.

يمثل هذا الأنموذج نمط المعمارية التي تستخدمها نظم إدارة قواعد البيانات، وتربط بعضها ببعض. وهو يختلف عن أنموذج البيانات الذي يعدّ وصفاً لمكونات قاعدة البيانات، وخصائص عناصرها الأساسية. ويسود في البيئة المحوسبة مجموعة متنوعة من نماذج قواعد البيانات (انظر الجدول الرقم (٥ ـ ٧)) التي يختص كل منها بوصف فئات محددة من البيانات، و/ أو يتوافق مع تطبيقات محددة.

الجدول الرقم (٥ ـ ٧)

أنواع نماذج قواعد البيانات المستخدمة في البيئة المحوسبة

الأنموذج	الوصف
الأنموذج الهرمي (Hierarchical Model)	يعد من أوائل النماذج المستخدمة. تتألف معماريته من مجموعة قيود تنتظم بهيكلة هرمية، يعامل فيها الملف كبديل لقيد، أو لعقدة تستوطن في الهيكلة الهرمية للأنموذج.
الأنموذج الشبكي (Network Model)	تتألف معماريته من مجموعة قيود تنتظم بهيكلة شبكية تربط كل ملف أو قيد بمجموعة من الملفات أو القيود.
الأنموذج العلائقي (Relational Model)	يمتلك هذا الأنموذج قدرة متميزة على ربط القيود بخيارات متعددة. وتمتلك جداول هذا الأنموذج هيكلية «ثنائية الأبعاد» (2D)، مع ربط متعدد للقيود.
الأنموذج الكياني (Object Oriented Model)	استحدث هذا الأنموذج لسد الفراغ الذي لم تستطع القواعد العلائقية تجاوزه بعد انتشار الإنترنت ومواقع الويب، حيث برزت الحاجة إلى نظم أكثر تعقيداً. ويتألف الكائن من مجموعة علاقات منطقية تنشأ عن البيانات والمنطق البرمجي الذي يسود هذه البيئة من قواعد البيانات.

ورغم أن البيانات تختزن لمرة واحدة في قاعدة البيانات، بيد أنها تمتلك القدرة على عرض مشاهد متعددة للمتغيرات المودعة فيها، على أساس الرؤية التي يعالج بها المستخدم عناصرها المختلفة. ويطلق اصطلاح المستخدم على كل من يستثمر بياناتها، سواء كان مستخدماً، أو تطبيقاً برمجياً، يروم التعامل مع قيود أو بنود قاعدة البيانات لممارسة سلسلة من المعالجات المحوسبة. ويمكن أن تترجم هذه الخاصية بواسطة أنموذجها الصوري الذي يتألف من **ثلاث** طبقات تجريدية.

أ ـ الطبقة الفيزيائية

تمتلك «الطبقة الفيزيائية» (Physical Layer) حضوراً فيزيائياً في نظام إدارة الملفات، وتضم الملفات التي تلمّ شمل بيانات قواعد البيانات.

ب ـ الطبقة المنطقية

تعد «الطبقة المنطقية» (Logical Layer) الطبقة الأولى من الطبقتين الصوريتين لقاعدة البيانات. ويتميز حضورها بحضور افتراضي داخل حدود البيئة البرمجية، ولا تتمتع بحضور فيزيائي كما هو الحال في الطبقة الفيزيائية.

ج ـ الطبقة الخارجية

تشكّل «الطبقة الخارجية» (External Layer) الطبقة الثانية من الطبقتين الصوريتين في هيكلة قاعدة البيانات. وتتألف مادتها من رؤية المستخدم، التي يطلق عليها اصطلاح «المخطط الثانوي» (Subschema). وتعد هذه الطبقة مجالاً لممارسة أنشطة المستخدمين، والتطبيقات البرمجية التي تتعامل مع قاعدة البيانات من خلال الاستعلامات التي تمارس على قيودها وبنودها.

خامساً: مبادئ ومعالجات عملية التنقيب في البيانات

لقد برز مفهوم التنقيب المعلوماتي بمستوياته المعرفية الثلاثية التي بدأت بـ «البيانات الخام» (Data Mining)، ثم ارتقت باتجاه «التنقيب داخل النصوص» (Text Mining)، وأصبحت في هذه الأيام تنقّب عن «لباب الفكر والمعرفة» (Knowledge Mining) في سبيل احتواء الكم الهائل من البيانات والمعلومات المطروحة على الإنترنت، وتقطيرها، لإنتاج قاعدة معرفية رصينة يمكن استثمارها

في صناعة قرارات، وتوليد مفاهيم جديدة تلائم روح عصر المعلومات وشبكة الإنترنت العنكبوتية.

تتألف آلية «التنقيب النصّي/ المعلوماتي» (Data or Text Mining) من مجموعة معالجات محوسبة تهدف إلى الكشف عن معلومات جديدة، تمتلك قيمة معرفية، وخصبة منبثّة في الكمّ الهائل من البيانات النصية بغرض استثمارها في تعميق معرفتنا أو الارتقاء بكفاءة الأدوات التي نوظفها في حياتنا اليومية.

بصورة عامة يشخص هدفان جوهريان أمام الأنشطة المعرفية التي تمارسها هذه التقنية: **الهدف الأول**، منحنا القدرة على التنبؤ ؛ **والثاني** دعمنا بالقدرة على الوصف. وعلى هذا الأساس سيشخص أمامنا في هذا المضمار نوعان من أنشطة التنقيب المعلوماتي:

النوع الأول، تنقيب معلوماتي تنبُّئي يسعى إلى إنشاء أنموذج لوصف النظام الذي يصف مجموعة البيانات التي نتناولها بالدراسة والتحليل، ويمتلك القدرة على تصنيف مفردات الخطاب إلى كيانات معرفية وفق أنساق محددة مسبقاً، أو في ضوء النتائج التي توفرها لنا علمية التنقيب المعلوماتي.

النوع الثاني، تنقيب معلوماتي وصفي يقوم بتوليد معلومات جديدة، تمتلك قيمة معرفية، من مجموعة البيانات التي نتناولها بالدراسة والتحليل، عبر سبر الأنماط السائدة في النص، وطبيعة العلاقات القائمة بين مفردات خطابها.

بصورة عامة، يعد النص التقليدي وسطاً ثرياً تتألف مادة نسيجه من كلمات، ومبانٍ لغوية، ومجموعة ثرية من علاقات تشد مادة خطابه لتوليد المعنى الذي يسود مادته. وقد شجعت المادة الخصبة المستبطنة في النصوص عدداً كبيراً من الباحثين على استحداث آليات متنوعة لتحليل مادته، بغرض تصنيف مفردات النص، وتلخيص خطابه، والتنقيب عن المادة المعرفية المنبثة في مادته(١٧).

وتحتوي النصوص التي نكتبها بلغتنا الطبيعية على معلومات ضمن مستويات مختلفة تتضمن: مستوى بنيوياً، وآخر دلالياً، وثالثاً ذا صلة بالمبنى اللغوي للكلمة.

(١٧) Reem Al-Halimi, «Mining Topic Signals from Text,» (Thesis Presented to the University of Waterloo in Fulfilment of the Thesis Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy in Computer Science, Waterloo, Ontario, Canada, 2003).

ولكي تفلح محاولاتنا في استنباط المعاني والمعارف من النص، فإننا سنجد أنفسنا قبالة مستويين من المعالجة المنطقية:

المستوى الأول، يتعامل مع النص على أساس كونه عبارة عن نسيج من كيانات مستقلة (تتمثل بالكلمات) تنشأ معانيها من طبيعة الخصائص المصاحبة لبنيتها البيانية داخل النص.

المستوى الثاني، يتعامل مع النص بوصفه وثيقة متكاملة لا يمكن تجزئة مكوناتها التركيبية دون فقدان جزء من المحتوى الدلالي والمعرفي لما يحمله الخطاب المستبطن في مفرداتها.

يتميز المستوى الأول بأنه أكثر قبولاً في دائرة المعالجات الحاسوبية للنصوص لما يتصف به من توافق مع المنطق البرمجي السائد في ميدان تقنيات الذكاء الاصطناعي، مع توفير فرصة تجاوز التعامل مع الدلالة الشاملة للنص التي تعجز عن الإحاطة بها التقنيات المحوسبة المتوافرة في الوقت الراهن.

الجدول الرقم (٥ ـ ٨)

مختصر الخطوات المطلوبة لتهيئة بيانات عملية التنقيب

الخطوة	التفاصيل
إنشاء جدول بيانات	• تباشر عمليات الاستعلام على قواعد البيانات للوصول إلى مواردها. • السعي إلى تكامل مجموعات من البيانات المختلفة، وتهيئتها على شكل جداول.
وصف المتغيرات	البدء بإعداد وصف دقيق للمتغيرات يبين: • الاتصال والانفصال. • معايير القياسات. • الدور الذي تمارسه عملية التحليل. • التوزيع التكراري للمفردات.

يتبع

تابع

تنقية البيانات	• توحيد البيانات عن طريق دمج الفقرات المناسبة. • تحديد الأخطاء الكامنة والحروف والرموز الزائدة. • محاولة التخلص من القيم اللاعددية. • التأكد من أخذ القياسات بالمقاييس ذاتها. • التخلص من القراءات والقيم المتكررة.
التخلص من المتغيرات	التخلص من جميع المتغيرات التي لا تمتلك تأثيراً معنوياً في نتائج عملية التحليل.
تحويل المتغيرات	معالجة البيانات متى اقتضت الحاجة وتحويل صيغها إلى نسق يتناسب مع عملية التحليل، وباستخدام إحدى العمليات التالية: • التطبيع. • تحديد القيم. • التجزئة. • التجميع.
تجزئة الجدول	تكوين مجاميع من البيانات المودعة في الجدول لغرض: • التمهيد لممارسة المزيد من عمليات التحليل. • السعي إلى تبسيط هيكلة البيانات لضمان إنشاء نماذج تتصف بالبساطة. • توفير إجابات مقنعة وشافية لما قد يطرح من مسائل.

١ ـ المعالجة الأولية للبيانات

لبلوغ نتائج جيدة على صعيد توظيف خوارزميات التنقيب في المعلومات المتوافرة لدينا، تظهر الحاجة إلى سلسلة من المعالجات الأولية (Data Preprocessing)، لضمان توافق محتواها مع عمليات المعالجة الرقمية، وتكاملها مع الآليات السائدة في هذه البيئة المحوسبة.

وتتضمن عمليات المعالجة الأولية جملة من المهام التي تمارس على مواردها، هي: «التنقية» (Cleaning)، و«التحويل» (Transformation)، و«التوحيد» (Integration)، و«الاختزال» (Reduction)، و«التفريد» (Discretization).

٢ ـ تنقية البيانات

تغزو بيئة البيانات التي يفرزها النشاط البشري في الحياة اليومية، مجموعة متنوعة من السمات التي تجعلها بعيدة إلى حد ما من خصائص البيانات التي يمكن للنظم المحوسبة أن تتعامل معها. ومن هذه السمات، النزعة العشوائية، وبروز الضجيج المعرفي هنا وهناك، وغياب بعض مفرداتها نتيجة لسمة عدم الانتظام التي تشخص أمام عمليات جمعها واستقصائها.

من أهم أسباب سيادة الضوضاء في أجزاء محددة من قيم البيانات التي نتعامل معها في حياتنا اليومية، الإشكاليات التي تبرز أثناء جمع البيانات واستقصائها، أو إدخالها، أو تناقلها؛ المحددات التقنية التي تؤثر أو تحدد من البيانات؛ التناقض في عملية تسمية الخصائص المميزة، و/ أو وجود بيانات متكررة. ويمكن التعامل مع العشوائية والضجيج من خلال تقليص مستوياتها إلى حدودها الدنيا، أو السعي إلى استبعاد القيم المتطرفة منها، والتي قد تؤثر في تناسق البيانات وانتظامها.

أما بالنسبة إلى البيانات المفقودة، أو الغائبة، عن قاعدة البيانات الموجودة بين أيدينا، فتنشأ من حصول خلل في أداء الآلة التي تجمعها وتستقصي قيمها، أو التناقض القائم بين شريحة محددة من البيانات والمحتوى الكلي لقواعد البيانات، أو عدم القدرة على فهم المحتوى في ضوء المشهد الكلي للبيانات الموجودة في قاعدة البيانات.

ويمكن التعامل مع البيانات المفقودة أو الغائبة بواسطة مجموعة متنوعة من المعالجات، أهمها:

ـ إهمال الشريحة التي تتسم بالخلل أو غياب بعض القيم من مشهد بياناتها.

ـ تدوين قيم مقاربة لتعويض سمة النقص الموجودة في بعض أجزاء قاعدة البيانات.

ـ القبول بحضور هذه الظاهرة مع إرساء علامة فارقة تؤشر موطن غياب قيمها ضمن المحتوى الكلي لقواعد البيانات.

ـ استخدام متوسط قيمة الخاصية التي تصف البيانات المفقودة كي تكون أكثر قرباً من القيم الواقعية المفقودة.

أ ـ توحيد البيانات وتكاملها

تمارس في هذه المرحلة عملية توحيد قواعد البيانات، و«مكعبات البيانات» (Data Cubes)[١٨]، والملفات ضمن نسق محدد. وتتم عملية التوحيد وفق ثلاثة مستويات[١٩]:

المستوى الأول، توحيد النسق المعتمد في مستودعات البيانات وذلك من طريق توحيد مادة البيانات الواصفة للبيانات، من الموارد المتعددة التي تشكّل مادتها، مع تبني نهج محكم لتمييز هوية الكيانات البيانية المتقاربة أو المتشابهة في قواعد بياناتها.

المستوى الثاني، تتبع سمة التناقض بين قيم البيانات التي قد تنتج من اختلاف الخصائص للكيانات ذاتها، نتيجة لتعدد موارد جمعها واستقصائها، أو اختلاف نهج التمثيل المعرفي الذي أسهم في معالجة مضامينها، أو نتيجة لاختلاف الوحدات القياسية المعتمدة في تحديد قيمها. وتتم في هذه المرحلة معالجة أسباب التناقض الظاهري من خلال معيار محدد يجمعها، ويوحد قيمها.

المستوى الثالث، إدارة البيانات المتكررة من خلال تتبع وتمييز مستوى حضورها في قواعد البيانات، والسعي إلى استبعاد ما تكرر منها، في قواعد البيانات المختلفة.

ب ـ تحويل البيانات

تستخدم ضمن هذا المحور مجموعة متنوعة من تقنيات المعالجة، وذلك لتحويل مادة البيانات إلى أنساق رقمية، تتوافق مع متطلبات آليات المعالجة التي تستخدم بالتنقيب في المعلومات، ومن هذه التقنيات:

- تقنية «الصقل» (Smoothing) التي تستبعد سمة الضوضاء من البيانات.

- تقنية «التعميم» (Generalization) التي تتبنى صيغاً عامة، تدعم استخدام البيانات وفق هيكلة هرمية متصاعدة من القاعدة نحو القمة.

- تقنية «التجميع» (Aggregation) التي تلخّص محتوى البيانات وتسعى إلى هيكلتها ضمن نسق مكعبات البيانات.

---

(١٨) مكعب البيانات عبارة عن تمثيل تجريدي لنسق رياضي تمتلك قيم بياناته بنية ثلاثية الأبعاد. ويستخدم هذا الأسلوب لوصف سلسلة من البيانات الصورية.

(١٩) Symeonidis and Mitkas, *Agent Intelligence Through Data Mining*.

• تقنية «التطبيع» (Normalization) التي تسعى إلى معالجة مقاييس البيانات ضمن قطاع محدد لكي تتحول إلى نسق أكثر تماسكاً، ويتوافق مع حاجات عمليات المعالجة.

• إنشاء وتركيب خصائص جديدة من مجموعة الخصائص المتوافرة في قواعد البيانات بقصد تحويلها إلى نسق أكثر تكاملاً.

ج ـ اختزال البيانات

تختزل البيانات لبلوغ مستوى مقبول من التمثيل المعرفي من خلال تقليص حجمها، شريطة الحفاظ على مضامينها، والنزعات السائدة في مادتها. ولعل من أهم عمليات الاختزال، تحويلها إلى أنساق ثلاثية الأبعاد وفق مبدأ مكعبات البيانات، أو ممارسة «الاختزال البعدي» (Dimensionality Reduction)، أو الاختزال العددي (Numerocity Reduction)، أو توليد مبدأ هرمي جديد يسهم في اختزالها ضمن أنموذج يستوعب الأنماط والنزعات السائدة فيها.

د ـ تفريد البيانات

تعد عملية التفريد من عمليات اختزال البيانات، بيد أن تنوع مضامين تقنياتها، وتعمّق أهميتها في الوقت الراهن، جعلنا نتعامل معها خارج نطاق عمليات الاختزال.

بصورة عامة تجرى عملية التفريد على البيانات العددية، والبيانات الفئوية. وتشمل تقنيات المعالجة فيها:

• «تحليل المخططات البيانية» (Histogram Analysis).

• «التحليل العنقودي» للبيانات (Cluster Analysis).

• «التجزئة بواسطة تقنية التقسيم الطبيعية» (Segmentation By Natural Partitioning).

٣ ـ تصنيف البيانات

التصنيف نمط من المعالجة التي تسعى إلى التنقير عن الصفات المشتركة بين مجموعة من الكيانات البيانية المستوطنة في قاعدة، أو مجموعة من قواعد البيانات، ومحاولة تبويبها إلى أصناف متنوعة في ضوء «أنموذج تصنيف»

(Classification Model)[٢٠]. وتتألف عملية تصنيف البيانات من مرحلتين: في المرحلة **الأولى** يتم انتقاء شريحة محددة من البيانات لتمارس عليها عملية استخلاص الأنموذج الأمثل لتوصيف البيانات. فتتحول أكداس البيانات إلى شجرة من الأصناف والفئات التي حددت معالمها سلفاً من قبل المستخدم؛ أما المرحلة **الثانية** فتتضمن توظيف الأنموذج الجديد، إما في تصنيف مجموعة جديدة من البيانات، أو استخلاص المزيد من القواعد المنطقية التي تستخدم في عمليات التصنيف[٢١].

وتتوافر أكثر من آلية لتصنيف البيانات، منها:

أ ـ تصنيف النظرية الافتراضية

تسعى «النظرية الافتراضية» (Bayesian Classification) إلى تحديد مجموعة محددة من البيانات وتلحقها إلى مجموعة أصناف باستخدام أنموذج احتمالي تعرّف معالمه وفقاً لنظرية (Bayes Theorem).

ب ـ أشجار القرار

تعد «أشجار القرار» (Decision Trees) من أدوات التنبؤ المهمة[٢٢]، وتتألف من مرحلتين: مرحلة **التأسيس**، التي تجزّأ فيها مجموعة البيانات (التي وقع الاختيار عليها) إلى أجزاء أصغر، إلى حين بلوغ مستوى تلتحق فيه نماذجها بالفئة ذاتها؛ ومرحلة **التشذيب** التي تهذب خلالها العقد لتجنب سمة «التناسب الإضافي» (Overfitting)، والحصول على شجرة قرار تتمتع بدقة عالية.

٤ ـ التقسيم العنقودي للبيانات

تهدف عملية التقسيم العنقودي إلى تقسيم كتلة البيانات إلى مجموعة أصغر من مجاميع البيانات المطّردة، لبلوغ مستوى أفضل على صعيد فهم فضاء البيانات، وتبسيط

(٢٠) المصدر نفسه.

(٢١) Ramana Rao, «From Unstructured Data to Actionable Intelligence,» IT Pro, IEEE Society (November-December 2003).

(٢٢) من أهم الخصائص التي تتّسم بها شجرة القرار: العقدة الجذر، والعقدة الداخلية، والفرع الذي يلي العقدة، والغصن. وتشكّل العقدة الجذر خصائص مجموعة البيانات التي وقع الاختيار عليها بوصفها الأساس الذي ترتكز إليه الشجرة؛ أمّا العقدة الداخلية فتمثّل الخاصية التي تستوطن في الجزء الداخلي من الشجرة؛ في حين يمثّل الفرع إحدى القيم المحتملة للخاصية التي يبدأ بها الفرع ذاته؛ بينما يمثل الغصن أحد الأصناف التي تمّ تعريفها مسبقاً.

عملية التحليل، ودعم العمليات التي تسري في بيئة الخوارزميات البرمجية المستخدمة لتحليل محتوى قواعد البيانات.

ويمكن أن نعرّف العنقود بأنه عبارة عن مجموعة من الكيانات البيانية التي تتشابه مع بعضها البعض ضمن العنقود ذاته، وتختلف عن تلك الموجودة في عنقود آخر. ولتطبيق هذا التعريف على حقل التنقيب في البيانات، سنجد أنفسنا أمام آلية تمارس على حجم كبير من مجاميع البيانات، لتمييز مجاميع البيانات، أو المناطق التي تتميز بحضور مكثف من نقاط البيانات، وباستخدام معيار المسافة التي تفصل في ما بين مواقعها على رقعة قواعد البيانات.

ويختلف التقسيم العنقودي عن عملية تصنيف البيانات، في كون العملية الأولى تبدأ عملها من دون وجود نزعة مسبقة توجه مساراتها، في حين أن عملية التصنيف تباشر على أساس خارطة طريق يضمنها المستخدم الأسس المحددة لهوية الأصناف والفئات المطلوب إلصاق حضورها بمجاميع البيانات[٢٣]. ولبلوغ مستوى مقبول من التقسيم العنقودي، ينبغي أن تتوفر الخواص الآتية:

ـ حضور تشابه وتقارب عالٍ داخل العنقود.

ـ غياب التشابه أو انخفاض قيمته إلى الحدود الدنيا في ما بين العناقيد.

ـ إمكانية التدرج في استخدام خوارزميات المعالجة و/ أو إعادة استخدامها.

ـ تعدد الرؤى المتاحة في معالجة البيانات وتقسيمها.

ـ اكتشاف العناقيد بأنماط اعتباطية متعددة.

ـ توافر فرصة في التعامل مع الضوضاء، والنقاط المتناقضة، والقدرة على مختلف أشكال البيانات.

أما بالنسبة إلى التقنيات المستخدمة في عملية التقسيم العنقودي فتوظف ثلاثة مبادئ جوهرية بوصفها أسساً لعملية التقسيم:

• **المبدأ الأول،** تقسيم العناقيد على أساس نهج التقسيم إلى عناقيد أنشئت بخوارزميات: هرمية، أو فئوية، أو مرتكزة على كثافة التواجد، أو مرتكزة إلى الشبكة.

---

(٢٣) يستخدم اصطلاح التعلّم بدون رقابة (Unsupervised Learning) على الآلية السائدة في عملية التقسيم العنقودي، بينما يستخدم اصطلاح التعلّم تحت الإشراف (Supervised Learning) على الآلية السائدة في عملية التصنيف.

• **المبدأ الثاني،** تقسيم العناقيد على أساس الخوارزميات التي استخدمت في معالجة البيانات. فتبرز أمامنا عناقيد أنشئت بخوارزميات إحصائية، وأخرى بخوارزميات مفاهيمية.

• **المبدأ الثالث،** تقسيم العناقيد على أساس النظرية التي استخدمت في استخلاصها. فيبرز أمامنا: التقسيم العنقودي بواسطة المنطق المضبب، والتقسيم العنقودي بواسطة النهج الصارم.

٥ ـ خوارزميات التنقيب في البيانات

ترتكز آلة التنقيب في المعلومات على مجموعة متنوعة من الخوارزميات والاستعلامات البرمجية التي تستخدم لمعالجة النصوص، وتصنيف محتواها، وإزالة الشوائب وسمة التكرار التي تسود بعض أجزائها، بغرض استخلاص العلاقات والمعاني المنطقية أو الرياضية التي تسود كيانها.

الخوارزمية (نسبة إلى العلّامة العربي محمد بن موسى الخوارزمي) عبارة عن سلسلة من الإجراءات الرياضية و/أو المنطقية التي تستخدم في حقول الرياضيات والبيئات المحوسبة لإجراء سلسلة من العمليات الحسابية، أو معالجة البيانات، أو الاستدلال المعرفي. وتتألف الخوارزمية من قائمة محددة من الإيعازات تبدأ بحالة ابتدائية، وتنفذ سلسلة الإجراءات بين مرحلة البداية ونهاية الخوارزمية حيث تستكمل نتائج معالجاتها.

وتسود البيئة المحوسبة لمعالجات التنقيب في المعلومات مجموعة متنوعة من الخوارزميات، حاولنا أن ننتقي منها ما يتوافق مع النهج الذي اعتمدناه خلال هذا الكتاب[٢٤].

أ ـ خوارزمية البداهة

تعد «خوارزمية البداهة» (A Priori Algorithm) من الخوارزميات التي تستخدم للتنقير عن مجموعة البنود/القيود التي تتكرر داخل قواعد البيانات، واستثمار حصيلة معالجاتها في إنشاء «قواعد الترابط» (Association Rules) التي تتحدد من خلالها طبيعة الاتجاهات العامة المستوطنة في بنود قواعد البيانات العملاقة[٢٥].

---

(٢٤) Larose, *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining.*

(٢٥) Xindong Wu and Vipin Kumar, eds., *The Top Ten Algorithms in Data Mining* (Boca Raton, Fl: Taylor and Francis, 2009).

وتوظف هذه الخوارزمية مبدأ المعالجة المتجهة من «أسفل إلى أعلى» (Bottom-To-Up) حيث تمارس عملية تمديد بند من البنود ـ بوصفه «جيلاً مرشحاً» (Candidate Generation) ـ وتباشر عملية اختبار البنود المرشحة بقواعد البيانات التي نروم تحليل محتواها. وتتوقف الخوارزمية عن ممارسة دورها عندما لا تفلح في إيجاد أي امتدادات مطابقة داخل حدود قاعدة البيانات.

وتظهر في الشكل الرقم (٥ ـ ١) الإيعازات البرمجية العامة التي تستخدمها هذه الخوارزمية أثناء معالجة محتوى قواعد البيانات.

الشكل الرقم (٥ ـ ١)

الإيعازات البرمجية المستخدمة ضمن هيكلة خوارزمية البداهة

```
F_1 = {frequent 1-itemsets};
for (k = 2; F_{k-1} ≠ Ø; k++) do begin
   C_k = apriori-gen(F_{k-1}); //New candidates
   foreach transaction t ∈ D do begin
      C_t = subset(C_k, t); //Candidates contained in t
      foreach candidate c ∈ C_t do
         c.count++;
   end
   F_k = {c ∈ C_k  |c.count ≥ minsup };
end
Answer = ∪_k F_k;
```

ب ـ قواعد الترابط

اقتُرحت هذه الخوارزمية للتنبؤ بحضور بند أو قيد من القيود في ضوء حضور قيود أو بنود أخرى، داخل حدود قاعدة بيانات، وبناء على عملية الاستقراء التي تمارس بواسطة التنقيب في معلومات القاعدة ذاتها. وتفترض هذه الخوارزمية أن البنود التي تعالجها، تتميز بكونها صريحة وتتسم بمحتوى نصي أو منطقي[٢٦].

(٢٦) L. Zhao, F. Collopy and M. Kennedy, «The Problem of Neural Networks in Business Forecasting: An Attempt to Reproduce the Hill, O'Connor and Remus Study,» Working Papers on Information Environments: Systems and Organizations, vol. 3 (Fall 2003).

وتسعى الخوارزمية إلى استخلاص الارتباطات والعلاقات المقيمة في بنود قواعد البيانات، والأنماط السائدة في البنود، وتحديد طبيعة الهياكل التي تسود فيها، مما يرسخ قدرتنا على سبر المادة المعرفية المستوطنة فيها.

وتظهر في الشكل الرقم (٥ ـ ٢) الإيعازات البرمجية العامة التي تستخدمها هذه الخوارزمية في إنشاء قواعد الترابط ومعالجة محتوى قاعد البيانات.

الشكل الرقم (٥ ـ ٢)

الإيعازات البرمجية المستخدمة ضمن هيكلة خوارزمية قواعد الترابط

```
H1 = Ø //Initialize
foreach; frequent k-itemset f_k, k ≥ 2 do begin
  A = (k − 1)-itemsets a_{k−1} such that a_{k−1} ⊂ f_k;
  foreach a_{k−1} ∈ A do begin
    conf = support(f_k)/support(a_{k−1});
    if (conf ≥ minconf) then begin
      output the rule a_{k−1} ⇒ (f_k − a_{k−1})
               with confidence = conf and support = support(f_k);
      add (f_k − a_{k−1}) to H1;
    end
  end
  call ap-genrules(f_k, H1);
end

Procedure ap-genrules(f_k: frequent k-itemset, H_m: set of m-item
                                    consequents)
if (k > m + 1) then begin
  H_{m+1} = apriori-gen(H_m);
  foreach h_{m+1} ∈ H_{m+1} do begin
    conf = support(f_k)/support(f_k − h_{m+1});
    if (conf ≥ minconf) then
      output the rule f_k − h_{m+1} ⇒ h_{m+1}
             with confidence = conf and support = support(f_k);
    else
      delete h_{m+1} from H_{m+1};
  end
  call ap-genrules(f_k, H_{m+1});
end
```

ج ـ استعلامات الجبل الجليدي

ينفذ «استعلام الجبل الجليدي» (Ice Berg Query) بواسطة إيعازات لغة «SQL» المتخصصة بإدارة محتوى قواعد البيانات. ويمارس هذا الاستعلام عملية حوسبة

مجموعة قيم الخصائص أو بنود المجاميع التي تحقق الحد الأدنى من دعم متطلبات محددة تخص قيماً متوسطة، أو دنيا، أو عظمى في بنود أو قيود قواعد البيانات التي تتعامل معها. ويوظف هذا النمط من الاستعلامات أسلوبين: **الأول،** نهج من أعلى إلى أسفل يبدأ بأعلى قيمة، والأقل عدداً من المجاميع، ثم يتجه إلى الأقل قيمة، والأكثر تجميعاً من المجاميع؛ **والثاني،** نهج من أسفل إلى أعلى يمارس دوراً معاكساً للأسلوب الأول.

وتعد عبارة استعلام الجبل الجليدي وفق ما يأتي(٢٧):

HAVING agr(R.B)=CONSTANT
Select R.A1, R.A2,... R.Ak, agr(R.B)
FROM Relation R GROUP by R.A1, R.A2

د ـ خوارزمية تمييز الجوار

يعد التوطن المكاني للمفردة الواحدة ضمن قاعدة البيانات، شاهداً أو حالة من حالات التغير التي تسري على هذه المفردة. ويتخذ هذا النمط من التوطن المكاني شكلاً يمكن تخيله على أساس صف من القيم المتتالية، وبمراتبية تعتمد على نهج جمع البيانات، من جهة، والقيمة العددية/ المنطقية/ النصية التي تتمتع بها المفردة ضمن قاعدة البيانات من جهة أخرى. وإذا كان التباين سمة من السمات السائدة في حياتنا اليومية، فهذا لا يمنع من حضور أكثر من شاهد، أو حالة تتمتع بالقيمة ذاتها، ضمن الصفوف ذاتها، مع وجود فارق وحيد يرتبط بموقعها المكاني.

تستخدم خوارزمية تمييز الجوار (Neighborhoods) للتنقير من السمات والأنماط السائدة في قواعد البيانات عند ممارستنا لآليات التنقيب في البيانات. وتعد خوارزمية «أقرب جار» (Nearest Neighbor) ويرمز إليها بالرمز (KNN) من أكثر الخوارزميات شيوعاً في هذا المضمار(٢٨)، لما تتسم به من بساطة، وسهولة تطبيقها على نطاق واسع يتدرج من ميادين حوسبة البروتينات إلى الحوسبة الهندسية والرسومية.

تصنف هذه الخوارزمية ضمن «خوارزميات التعلّم البطيء» (Lazy Learning Algorithm) بسبب عدم اعتمادها لأي فرضية عند التعامل مع النمط التوزيعي للبيانات، وهو ما يجعلها أكثر قرباً من السمة التي تتمتع بها البيانات التي تفرزها حياتنا اليومية. أما

---

(٢٧) Min Fang [et al.], «Computing Iceberg Queries Efficiently,» paper presented at: Proceedings of the 24th VLDB Conference, New York, 1998.

(٢٨) تعدّ من الخوارزميات العشر، الأكثر استخداماً ضمن تطبيقات التنقيب في المعلومات.

وسمها بسمة البطء فيعود إلى عدم استخدامها أي نقاط مرجعية للتعلّم عند ممارستنا لعملية التعميم(٢٩).

وبالنسبة إلى أي نقطة تستوطن في قاعدة البيانات، يطلق على الصف الذي يحدد موقعها الرسومي اصطلاح «المتجه» (Vector). وعند تحويل مواضع نقاط البيانات إلى شكل رسومي، يمكن أن نحدد هوية النقاط التي تتقارب في ما بينها، على أساس أقل مسافة إزاحة تفصل بينها، سواء كانت النقاط «دائرية» (Circled)، أو «سهمية» (Arrowed). وعلى هذا الأساس فإن هذه الخوارزمية تسعى إلى تحديد أقرب نقاط المتجهات، وتتعامل مع القيمة الدنيا للفضاء المقيم بينهما/بينها بوصفه دليلاً على تقارب قيمتيهما أو أنهما يمتلكان القيمة ذاتها(٣٠).

وعليه يمكن تحديد التشابه بواسطة أقرب مسافة تفصل النقطة/ النقاط مع جيرانها، ويستخدم الرمز «K» لعدد الجيران الذي سيعتمد بوصفه أساساً لعملية التنقيب في البيانات.

سادساً: مبادئ ومعالجات عملية التنقيب في النصوص

التنقيب في النصوص جزء من المساحات التي تهتم بها تقنية التنقيب في البيانات، حيث تمارس أدوات الأخيرة مهامها في السبر والتنقير في مادة النصوص والوثائق بدلًا من قواعد البيانات. ولما كانت الوثائق تفتقر إلى هيكلة منتظمة كما الحال في معمارية عناصر قواعد البيانات وانضباطها بقواعد المنطق البرمجي، تبرز الحاجة إلى ميدان التنقيب في النصوص توافر معالجات وأدوات إضافية تحاول إعادة تشكيل مادة النصوص، وإضفاء سمة التشكّل وفق معمارية قواعد البيانات لضمان سريان معالجات التنقيب في البيانات على عناصرها الجديدة.

ولما كانت عملية إنشاء الخطاب المعرفي (الذي يستودع في النصوص والوثائق) توظف أدوات اللغة وتنتظم بقواعد البيان، فإن نمطاً جديداً من التحديات برز قبالة معالجات التنقيب في النصوص، بعد أن منحت مفردات النصوص معانيَ استبطنت

(٢٩) Saravanan Thirumuruganathan, «A Detailed Introduction to K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm,» Bi-Weekly End (2010), <http://saravananthirumuruganathan.wordpress.com/2010/05/17/a-detailed-introduction-to-k-nearest-neighbor-knn-algorithm/>.

(٣٠) Dorian Pyle, *Business Modeling and Data Mining* (Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers An Imprint of Elsevier Science, 2003).

فيها، أو نتيجة لبناء الجملة حيث يتشكل نسيج المعاني بتلاحمه مع المباني اللغوية، من جهة، وخيوط العلاقات التي تجمع مفردات الخطاب، من جهة أخرى.

من أجل هذا، نلاحظ أن التنقيب في النصوص يتوجه في معالجاته من خلال مرحلتين: **الأولى**، تفكيك عناصر النص، وإعادة تشكيلها بنسق مهيكل يتوافق مع متطلبات البيئة التي تتعامل معها أدوات التنقيب في البيانات؛ و**الثانية**، التقطير المفاهيمي الذي يستثمر محتوى الخطاب فيستخلص المعاني، والقواعد المعرفية التي تنتشر في أماكن متباعدة من مساحة النص حيث يتضح حضورها من خلال تتبع الأنماط، وسبر العلاقات التي تكمن وراء حضور المفردات وتجاورها.

١ ـ النص: معالجة معلوماتية

النص عبارة عن وسط لنقل الخطاب، يتميز بحصيلة ثرية من مفردات ذلك الخطاب، تنتظم في بنى لغوية، وتوظف لنقل معنى محدد. ويسعى العاملون في ميدان التحليل المحوسب للنصوص إلى معالجة نسيج مفرداتها، والمعاني التي تكمن في بنيها اللغوية والدلالية، في سبر محتوى النصوص، وتبويب فئاتها، واختصار محتواها، وممارسة سلسلة من المعالجات المحوسبة لتعميق فهمنا بمادة النص معنى ومبنى[٣١].

وتتوافر في الوقت الراهن مجموعة من المعالجات المفاهيمية للنص تسعى كل منها إلى اقتراح أنموذج محوسب للتعامل مع مادته، واقتراح سبل استخلاص الحصيلة المعرفية المودعة فيه.

أ ـ النص بوصفه نسيجاً منطقياً

تعتمد المعالجة المنطقية للنص على تحديد معيار، أو مجموعة معايير لاقتناص أهم المفردات التي تمنحنا فرصة سبر المحتوى وممارسة عملية التحليل اللغوي، والدلالي، والبنيوي لمادته. وتطرح هذه الرؤية مستويين للتعامل مع النص: **الأول**، معالجة على مستوى الكلمة تسعى إلى تعريف دلالة الكلمة والمفردات التي ترتبط معها داخل حدود النص؛ و**الثاني** معالجة على مستوى الوثيقة التي تستضيف النص، تسعى إلى بيان الدور الذي تمارسه الكلمات في حبك المعنى الكامل للنص. ووفق هذا النهج يمكن أن نعالج النص وفق عدة محاور:

(٣١) Al-Halimi, «Mining Topic Signals from Text».

• **المحور الأول: النص بوصفه حزمة من الكلمات**: يفترض هذا المحور من المعالجة أن الكلمات التي تستخدم في وثيقة من الوثائق تعد كافية لعكس محتواها الجوهري، وأن احتمالية استخدام كلمة من الكلمات تستقل عن بقية الكلمات الموجودة في الوثيقة، وعن موقع الكلمة داخل حدود النص. وعلى هذا الأساس سيكون النص كينونة مستوية، تخلو من أي بنية معلوماتية. وتتميز هذه المعالجة ببساطتها، وسهولة تعاملها مع النص بيد أنها تخلي مفرداته من المعاني الدلالية، مع افتراض غياب أي نسق يحكم مستوى حضور الكلمات وتراتبيتها في عموم الوثيقة التي تستضيفه، وهي فرضية قد تصح مع البيانات العشوائية التي نجمعها من مشاهدات الحياة اليومية، بيد أنها لا تتطابق مع الغاية من إنشاء نصوص الخطاب المعرفي بمختلف مستوياتها.

• **المحور الثاني: النص بوصفه مجموعة من الوحدات البنيوية**: إذا كان المحور الأول يبالغ في تبسيط وصف النص، ويغيّب سمة الترتيب عن مفرداته، ولا يلتفت إلى المعنى الذي يكمن وراء تسلسل حضور الكلمات في مادة النص، فإن الواقع يؤكد أنه يتمتع ببنية معرفية، ويسوده مستوى محدد من التعقيد. من أجل هذا ظهرت دعوات إلى تقسيم البنية الفيزيائية للوثيقة التي تستضيف النصوص إلى **ثلاثة** أنواع(٣٢): «نص مسطح يتمتع ببنى راسخة» (Flat Fixed Structures)؛ و«نص تشعبي» (Hypertext)؛ و«نص يتمتع ببنى هرمية» (Hierarchical Structures).

بالنسبة إلى البنى المسطحة، فإنها تسهم في تقسيم الوثيقة إلى قائمة من الوحدات المستقلة، تتألف كل منها من مجموعة كلمات، إذ إن نص الرسالة، على سبيل المثال، يتألف من مجموعة حقول (الافتتاحية، اسم المرسل إليه، العنوان، مضمون الرسالة، واسم المرسل) يشير كل منها إلى فقرة محددة من مادة الرسالة. وبالنسبة إلى النص التشعبي، فتتألف مادته من مجموعة وحدات مترابطة في نسيج شبكاتي يستوطن مواقع الويب المنتشرة في بيئة الإنترنت. أما البنى الهرمية فتعد مرحلة وسيطة بين ثراء عناصر النص التشعبي، من جهة، وبساطة النص المسطح ببنيته الراسخة من جهة أخرى. ويمكن أن تعد الكتب مثالاً على هذا النمط من النصوص، بما تحويه من بنية هرمية، تتجلى في مادة الفصول، التي تحتوي ـ بدورها ـ على مقاطع أساسية، ومقاطع ثانوية، وبنسق هرمي.

• **المحور الثالث: النص بوصفه مجموعة مواضيع**: بصورة عامة، إن الكلمات التي تشكل مادة النص هي التي تؤلف المواضيع المنبثّة فيه. ويمكن أن يعبّر عن

---

(٣٢) المصدر نفسه.

«الموضوع» (Topic) بكونه مجموعة من مقاطع النص التي تعالج مسألة محددة. وكلما ازداد عدد المقاطع التي تناقش موضوعاً بذاته، نقلت ذلك الموضوع من مرتبة ثانوية إلى مرتبة رئيسية. ويمكن تقسيم النص إلى «فقرات» (Paragraphs)، يقاس مستوى تقاربها مع بقية الفقرات، من خلال مقارنة تقارب عتبة المحتوى لكل منها. ومتى ثبت حضور التقارب، يمكننا أن نلحقها ضمن موضوع واحد يعالج مسألة بذاتها.

ب ـ النص بوصفه مجموعة من كينونات في بيئة إحصائية

إذا كان النص يتألف من مجموعة كيانات استعيرت من مادة الكلم المنطوق والمدوّن، فإن حضوره داخل حدود البيئة الرقمية يجعل هذه الكيانات تنصبغ بهوية من نمط جديد، يغيّب المعاني ويجعل الحضور مرتبطاً بمعايير من نمط جديد، إذ تتحول المفردة إلى سلسلة من رموز الشيفرات البرمجية، التي تصطف في مواقع يحدد مضمونها التطبيق البرمجي الذي يستخدم في معالجتها. ويؤدي عدد الرموز، والموقع الذي تستوطن فيه على مصفوفة البيانات دوراً فاعلاً في تمييز الهوية، وتحديد ثقلها في مادة النص الرقمي المحوسب.

وينطبق هذا الوصف على جل أنواع البيانات التي يوظف علم الإحصاء أدواته في تحليل مكوناتها، وتفسيرها وفق أنموذجه المفاهيمي الفريد. وهو ما يفسح في المجال أمام تطبيق المعالجات التي توفرها أدوات الإحصاء على مادة النص، من دون أن نلقي بالاً إلى المعاني المستوطنة في مفرداته، والبنى اللغوية التي تسوده. وعلى هذا الأساس تبرز أمامنا معايير جديدة لسبر النص، فيستخدم «تكرار حضور الكلمة» (Word Frequency)، و«توزيعها التكراري» (Frequency Distribution)، و«الكثافة المعجمية» (Lexical Density)، وغيرها كثير من المعايير الإحصائية التي تستخدم لوصف مادة البيئة الإحصائية، حيث تظهر الأعداد والكميات، وتغيب المعاني والدلالات اللغوية. ويمكن إجمال هذه المعايير بما يأتي:

ـ يستخدم نهج احتساب تكرار حضور الكلمات في النصوص في إعداد قوائم متسلسلة من الأعلى إلى الأدنى لتحديد مستويات ورودها، مع بيان أكثرها حضوراً داخل حدود النص.

ـ احتساب عدد المفردات المتباينة في النص التي تعد مؤشراً على الحصيلة اللغوية للباحث.

ـ احتساب «الكثافة المعجمية» (Lexical Density) التي تعد معياراً لوصف نسبة المفردات المعجمية إلى عدد الكلمات الكلية التي يتألف منها النص. وكلما انخفضت قيمة الكثافة المعجمية كان النص أكثر قرباً لفهم القارئ. بصورة عامة، إذا كانت الكثافة المعجمية تراوح بين ٦٠ و٧٠ بالمئة يعد النص ذا كثافة معجمية عالية، وتعد الكثافة منخفضة عندما تراوح قيمتها بين ٤٠ و٥٠ بالمئة[٣٣].

ـ حساب دليل (Gunning-Fog Index) الذي يستخدم عادة لتحديد سهولة تناول القارئ للنص[٣٤]. بصورة عامة، تراوح قيمة المعامل مع النصوص السهلة بين ٥ و٦، أما النصوص التي تزيد قيمة معاملها على ٢٠ فتعد صعبة التناول بالنسبة إلى القارئ.

ـ حساب متوسط المقاطع اللفظية للكلمة، والذي يستخدم كمعيار لوصف متوسط «المقاطع اللفظية للكلمات» (Syllable). ويعد مقياساً للوحدات البنائية المنطوقة، التي تتألف منها الكلمات المستخدمة في الخطاب. ويؤشر مستوى المقاطع اللفظية إلى الإيقاع اللغوي، و«بنيته العروضية» (Prosody)، وأنماطه التأثيرية في القارئ[٣٥].

ـ مؤشرات إحصائية متنوعة: وتشمل عدد الكلمات الكلية للنص، وعدد الجمل، ومتوسط عدد الكلمات في الجملة الواحدة، وأعلى عدد كلمات في الجملة الواحدة.

لقد ظهرت معالجات متنوعة، وصيغت إنشاءات نظرية للتعامل مع النص بوصفه وسطاً للمعالجات الرياضية منذ مدة ليست بالقصيرة. ويعد «قانون زيف» (Zipf's Law)[٣٦] شاهداً مهماً، وأداة فاعلة أثبتت سريانها على النصوص بشكل كلي.

يعد قانون زيف قانوناً تجريبياً أنشئ في بيئة الإحصاء الرياضي، وترسّخت أسسه نتيجة لتطبيقه على مجموعة كبيرة ومتنوعة من النصوص في حقول الفيزياء والعلوم الاجتماعية. وينص هذا القانون على أن تكرار أي كلمة داخل حدود النص يتناسب عكسياً مع تراتبية حضورها في جدول تكرار الكلمات. انظر على سبيل المثال الشكل الرقم (٥ ـ ٣) الذي يظهر متوسط تكرار الكلمات، وتراتبيتها في كتاب **الرسالة** للإمام

(٣٣) انظر: <http://www.useenglish.com>.

(٣٤) يستخدم معامل فوج (Fog Index) بوصفه أحد المعايير المستخدمة في اختبارات سهولة قراءة النصّ. وتمثّل القيمة العددية للمعامل عدد سنوات التعليم التي يحتاج إليها القارئ لكي يكون قادراً على تناول المادة المطروحة في النص عندما يقرأه للمرّة الأولى. انظر: «Gunning Fog Index,» Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Gunning_Fog_Index>.

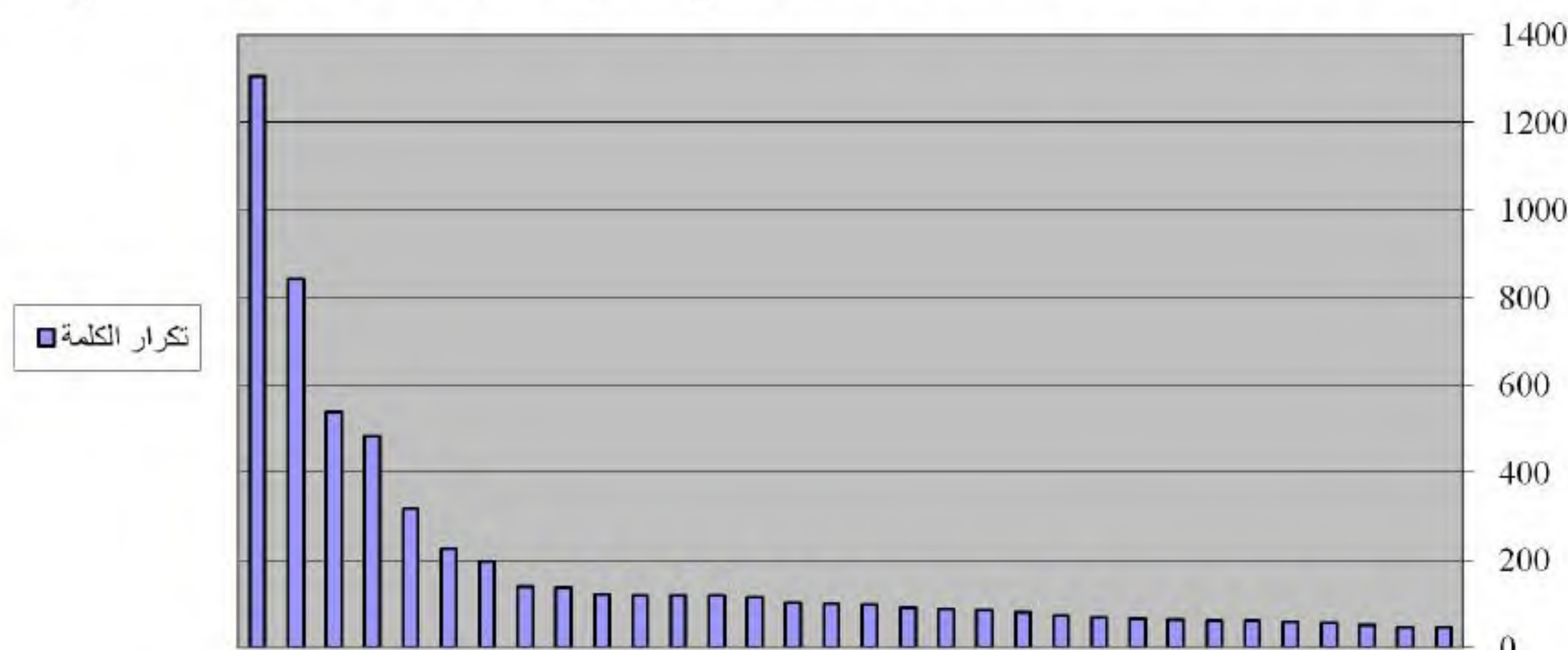
(٣٥) انظر: <http://en.wikipedia.org/>.

(٣٦) يرتبط اسم هذا القانون بالعالم اللغوي الأمريكي جورج كينغسلي زيف (George Kingsley Zipf) (١٩٠٢ ـ ١٩٥٠) الذي اقترحه في أحد بحوثه المنشورة في عام ١٩٣٥.

الشافعي، والذي تتطابق بياناته بصورة كلية مع نظرية زيف حول تكرار حضور الكلمات في النصوص[٣٧].

الشكل الرقم (٥ ـ ٣)

متوسط تكرار الكلمة الواحدة وتراتبيتها في كتاب «الرسالة» للإمام الشافعي



٢ ـ النص والوثيقة: تحليل المفهوم

إذا كان هناك أكثر من مكان يمكن للنص أن يستوطنه، في حياتنا اليومية، فتارة يستقر على صفحة مجلة أو جريدة، وتارة أخرى في كتاب من الكتب، وقد يجد له مكاناً آخر في الصحائف التي تزدحم بها حياتنا اليومية؛ بالمقابل، فإن النص لن يجد له مكاناً في البيئة الرقمية إلا في الوثائق وملفات النصوص، بمختلف أشكالها[٣٨]. من أجل هذا فإن تقنيات التنقيب في النصوص تعنى بالوثائق بوصفها المورد الذي تستخلص منها المعلومات والمعارف. والوثيقة عبارة عن وحدة من البيانات النصية المنفصلة، التي قد تكون ذات صلة بوصف جزء من الأحداث التي تسري في عالمنا الواقعي.

وتصنّف الوثائق بحسب هيكلة محتواها من النصوص إلى قسمين أساسيين: وثائق ذات «هيكلة ضعيفة» (Weakly Structured)؛ ووثائق «شبه مهيكلة» (Semi-structured). وإذا كانت هاتان التسميتان قد برزتا في بيئة المعلومات التي

---

(٣٧) حسن مظفر الرزو، «تحليل النهج الحديثي في كتاب «الرسالة» باستخدام تقنية التنقيب المعلوماتي،» ورقة قُدِّمت إلى: المؤتمر العلمي الثاني للحاسبات وتكنولوجيا المعلومات، CCIT2012، كلية الحاسوب بجامعة الأنبار بالتنسيق مع منظمة IEEE فرع العراق، الرمادي، محافظة الأنبار، ٤ ـ ٥/ ٤/ ٢٠١٢.

(٣٨) تتوزّع ملفات النصوص على ملفات وثائق (Document Files)، أو ملفات نصوص غنية (Rich Text Files)، أو ملفات نصوص بسيطة (Plain Text Files). وتوجد ملفات أكثر تخصصاً مثل ملفات وثائق قابلة للحمل والنقل (PDF Files)، وأخرى تستخدم في بيئة الإنترنت.

أنشأت مفهوم الهيكلة من النظام الذي يسود عناصر قواعد البيانات، فإن هذا الأمر لا يمكن أن يعدّ وصفاً سليماً للنصوص التي تسودها هيكلة تفرضها مفردات اللغة، وقواعد النحو، والبلاغة، وشبكات الدلالة، إضافة إلى منطق الخطاب الذي يضفي عليها هيكلة من نمط آخر. يضاف إلى ذلك، البناء الفيزيائي للفقرات الطباعية، حيث تستخدم النقاط للفصل بين عبارة وأخرى، أو إضافة فارزة للاستمرار بالعبارة ذاتها، وغيرها من العلامات الكتابية التي قد تخلو من المعاني وفق المنطق البرمجي، بيد أن له تأثيراً في سريان الخطاب، وتدفق المعلومات والمعاني في النص التقليدي.

من أجل هذا، لكي تكون عملية التنقيب في النصوص ذات نتائج دقيقة، ينبغي أن تعتمد نمطاً متوازناً في التعامل مع هذه المتغيرات المتنوعة، وتحاول ألّا تقلل من مضامينها المعرفية. وفي كل حال من الأحوال، لا يتوافر بين أيدينا في الوقت الراهن تقنية قادرة على التعامل مع جميع هذه المتغيرات مجتمعة، الأمر الذي جعلنا نستخدم المنطق العلمي التقليدي، الذي يسعى إلى عملية التبسيط، أو إقصاء مجموعة من المتغيرات، والقبول بمتغيرات محددة لوصف الوثيقة وسبر المحتوى المعرفي الذي يكمن في هيكلة ومادة مفرداتها.

ويمكن إجمال أهم الخصائص التي تشكّل هاجساً لاهتمامات العاملين في ميدان التنقيب في النصوص بكل من: الحروف، والكلمات، والاصطلاحات، والمفاهيم، والعلاقات الدلالية. ولكي لا نقوم بتغييرات قد تؤثر في المحتوى وتغيّب المضامين والمعاني، ينبغي أن نضع نصب أعيننا غايتين: **الأولى**، تبني نهج متزن في التعامل مع حجم الوثيقة، والمستوى الدلالي لخصائصها، بحيث لا نميل باتجاه أحدهما على حساب الآخر حتى لا تشوّه حصيلة التنقيب في النصوص؛ **والثانية**، أن نبذل قصارى جهدنا في تمييز الخصائص التي تتوافق مع القدرات المحوسبة على كشف اللثام عن الأنماط والنزعات الكامنة في النص من جهة، والقدرة على سبر معاني الشبكات الدلالية بين المفردات المستوطنة على مساحة الوثيقة، من جهة أخرى(٣٩).

٣ ـ الخوارزميات المستخدمة للتنقيب في النصوص

يعد النص مورداً خصباً يمكن أن تستثمر مادته عمليات التنقيب في النصوص لاستخلاص العصارة المعرفية. ويختلف النص عن قواعد البيانات، في غياب الهيكلة

(٣٩) Feldman and Sanger, *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data.*

عن عناصره، الأمر الذي يحتّم معالجة أولية لتحويل مفرداته إلى مادة يمكن أن تودع في هيكلة قواعد البيانات. يضاف إلى ذلك ورود كثير من مفردات الكلم من حروف، وضمائر، وأفعال، لا تمتلك قيمة معرفية بحيث يكون من الضروري استبعادها من الجزء المهيكل من البيانات. ولا تفتقر حصيلة المعالجات الأولية إلى خوارزميات محوسبة تختلف كثيراً عن تلك المستخدمة في التنقيب في البيانات. ولكن، في الوقت ذاته، هناك معالجات تفترضها السمات الفريدة للنصوص، نذكر منها:

أ ـ استخلاص المعلومات من بيانات النصوص

تعد عملية استخلاص المعلومات من بيانات النصوص الخطوة الأولى لجل الخوارزميات التي توظف عن طريق التنقيب في النصوص، كما تعد في الوقت ذاته تحدياً مهماً يشخص أمام العاملين في هذا الميدان. وتباشر عملية إنتاج المعلومات من خلال استخلاص المفردات المعرفية، مع تحديد طبيعة العلاقات التي تربطها بجسم النص، والتي تستخدم في عمليات الوصف الدلالي للمحتوى وبيان المعاني بدلاً من معالجتها بوصفها حزمة من الكلمات.

ويُظهر الجدول الرقم (٥ ـ ٩) حصيلة عملية استخلاص المعلومات من بيانات نص كتاب **الرسالة** للإمام الشافعي، حيث يتجلى مقدار حرصه الشديد على التمييز بين مراتب السنن النبوية المدرجة في نص كتابه، مع صوغ اصطلاحات تعد جديدة في زمانه. فأورد اصطلاح سنّة لازمة، وسنّة منصوصة، وسنّة ثابتة، وسنّة مأثورة، في معرض كلامه عن الحديث النبوي بوصفه مورداً تشريعياً، مما يؤكد علمه الغزير ودرايته بعلوم الحديث وتفريعاته[٤٠].

الجدول الرقم (٥ ـ ٩)

قائمة بالمفردات التي عالج بها الإمام الشافعي مسائل تتعلق بالسنن ودلالاتها[٤١]

المفردة	الصيغ وتكرار ورودها					
السنّة النبوية	سنّ[٦٠]	سنّة[١٣٩]	سنن[٢٣]	دلّت السنة[١٠]	السنة[٩٦]	سنته[٢٩]
أنواع السنن	سنة لازمة[١]	سنة منصوصة[١]	سنة ثابتة[١]	سنة مجتمع عليها[١]	سنة مبيّنة[١]	سنة مأثورة[١]

(٤٠) الرزو، «تحليل النهج الحديثي في كتاب «الرسالة» باستخدام تقنية التنقيب المعلوماتي».
(٤١) يشير العدد الملحق بالكلمات إلى مستوى تكرار في نص كتاب **الرسالة**.

ب ـ تلخيص النصوص

نجم عن تكاثر أعداد النصوص، وتنامي محتواها، بروز الحاجة إلى أدوات لاختصارها، وتحديد أهم الموضوعات المطروحة فيها بدلاً من قراءة كامل النص. ولإعداد مختصر أو تلخيص للنص، يتوفر أمامنا أسلوبين: **الأسلوب الأول**، «التلخيص المستخرج» (Extractive Summarization) الذي يهدف إلى إعداد ملخّص يتألف من مجموعة منتخبة من المعلومات التي استخلصت من مادة النص؛ **والأسلوب الثاني**، «التلخيص التجريدي» (Abstractive Summarization)، الذي يعدّ التلخيص فيه عن طريق إنشاء معلومات تركّب من المضامين المودعة في النص دون اللجوء إلى استخدام المفردات ذاتها التي وردت في النص الأصلي.

ويظهر في الجدول الرقم (٥ ـ ١٠) نتائج عمليات التلخيص التجريدي لمجموعة منتخبة من مؤلفات المستشرق الألماني التي عالج فيها مواضيع تتعلق بمسائل ذات صلة بالتيارات الإسلاموية المعاصرة[٤٢].

الجدول الرقم (٥ ـ ١٠)

أنموذج لاختصار تجريدي لمجموعة من مقالات المستشرق الأمريكي دانيال بايبس

المحور المفاهيمي	المفردات الملحقة بالمحور
الانتماء إلى الدين الإسلامي	• الإسلام بوصفه المورد الذي يستمد منه المسلم ثوابته العقدية. • المسلم بوصفه محمولاً لجملة من السمات التي يتميز بها المجتمع ومنظماته الدينية. • المسلمون بوصفهم جماعة تنتمي إلى الدين الإسلامي وتنتظم تحت مظلة نسقه العقدي.
التيارات الإسلامية	• الإسلام المعتدل بوصفه تياراً يبتعد عن مبدأ المواجهة مع الغير ويوظف النصوص التي تدعو إلى الموعظة الحسنة وتطبيق مفردات فقه الواقع. • الإسلاميون بوصفهم تياراً أصولياً يعتمد مبدأ الجهاد لنشر رسالة الإسلام ومواجهة التيارات المناوئة بالسيف.

يتبع

(٤٢) حسن مظفر الرزو، «مقارنة محوسبة بين نهج برنارد لويس ودانيال بايبس في معالجة مسائل استشراقية معاصرة،» **إسلامية المعرفة**، السنة ١١، العدد ٤٤ (ربيع ٢٠٠٦)، ص ١٢٩ ـ ١٥٢.

تابع

	• التطرف بوصفه مظهراً من مظاهر المعالجة الفقهية المتشددة لنصوص التراث الإسلامية.
المشهد السياسي العولمي	• العرب بوصفهم محور الصراع القائم في المشهد السياسي الذي تناوله بايبس. • الإسرائيليون بوصفهم الخصم المباشر للعرب. • الأمريكيون بوصفهم الجهة الراعية لإسرائيل والتي تقود المشهد السياسي العولمي في المنطقة العربية. • الإرهاب بوصفه مظهراً من مظاهر المواجهة بين التيارات الإسلامية الأصولية في مواجهتها غير المتكافئة مع الولايات المتحدة وإسرائيل. • الحرب بوصفها التعبير الذي يصف المواجهة القائمة في المشهد السياسي المعاصر بالمنطقة العربية. • (فلسطين/ العراق/ الشرق الأوسط) الرقعة التي تمتد عليها عناصر المواجهة السياسية والدينية بين الأطراف المتنازعة في المشهد السياسي.

ج ـ التعلّم (غير الخاضع للمراقبة) من مادة النصوص

تتوافر مجموعة متنوعة من الخوارزميات التي تمارس «عملية التعلّم من مادة النصوص» (Unsupervised Learning from Text Data) المودعة في الوثائق الالكترونية من دون حاجة إلى مباشرة التدريب على شرائح من هذه النصوص. ويتوافر أمامنا أسلوبان في هذا النهج: **أحدهما**، التقسيم الكتلي؛ **والثاني**، إعداد «أنموذج للمواضيع» (Topic Modeling).

تكمن العقبة الأساسية أمام التقسيم الكتلي في نهج تقسيم الوثائق إلى أجزاء تناظر كل منها موضوعاً محدداً من المواضيع. أما على صعيد أنموذج المواضيع فيُستخدم «أنموذج احتمالي» (Probabilistic Model) لممارسة سلسلة من عمليات التجزئة الناعمة على عناصر النص بواسطة برمجيات ذكية. وتقوم البرمجيات بالتعامل مع كل موضوع بوصفه أنموذجاً للتوزيع التكراري للكلمات الموجودة في النص، مع انتقاء الكلمات التي تمتلك أعلى قيمة احتمالية.

ومن الشواهد على هذا النهج الجدول الرقم (٥ ـ ١١)، الذي أعدّ بناء على النتائج التحليلية التي استحصلت من التنقيب في البيانات[٤٣]. وقد احتوى كل متغير على أهم الكلمات الواردة في النص وعدد تكرار ورودها الذي يؤشر إلى مستوى اهتمام المؤلف بها ضمن خطابه. ويبدو واضحاً أن المفردة الدينية (بجميع تجلياتها الدلالية) استأثرت بالجزء الأكبر من اهتمامه (١٢٣ مرة). وجاء الجانب السياسي في المرتبة الثانية (٤٤ مرة) لكي يؤكد العنصر السياسي في الحركات الإسلامية المعاصرة، وفي الوقت نفسه على الشرق الأوسط (٣٥ مرة) بوصفه الموقع الذي اهتمت به الدراسة، ومصدر حركات الإسلام السياسي. وقد أولى اهتماماً لا بأس به بالجانب الاجتماعي مؤكداً مفردة الصراع (٢٦ مرة)، والمجموعات الاجتماعية (٢٥ مرة) التي تعد جزءاً لا يتجزأ من الأرضية السياسية،والمجتمع (١٩ مرة)، والحالة الاجتماعية (١٧ مرة)، والسلوك (١٥ مرة)، والقانون (١٤ مرة). وجاءت بعد ذلك متغيرات التعليم، والمتغير النفسي، والمكاني، والاقتصادي.

الجدول الرقم (٥ ـ ١١)

تحليل لتكرار مفردات متغيرات الخطاب في النص المنتخب

المتغير	مستويات وأعداد المفردات الواردة في النص							
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الديني	الدين[١٢٣]	.	.	.	.	.	.	.
الثقافي والحضاري	التعليم[١٧]	الثقافة[١١]	.	.	.	.	.	.
السياسي	السياسة[٤٤]		.	.	.	.	.	.
الاجتماعي	صراع[٢٦]	مجموعات اجتماعية[٢٥]	مجتمع[١٩]	حالة اجتماعية[١٧]	السلوك[١٥]	القانون[١٤]	منظمات[٨]	مؤسسة اجتماعية[٤]
النفسي	إدراك[٩]	الحياة[٩]	أحاسيس[٧]	سلطة[٦]	نجاح[٣]	.	.	.
المكاني والزماني	الشرق الأوسط[٣٥]	أماكن[٢٧]	أزمنة[٢٦]	أفريقيا[١٥]	بلدان[١٠]	أوروبا[٧]	العالم[٥]	مدينة[٥]
التقني	اتصال[٥]	تقنية[٤]	مادة[٣]	كمية[٣]	نظام[٣]	وسائط[٣]	.	.
الاقتصادي	مال[٧]	تجارة وأعمال[٣]	.	.	.	.	.	.

(٤٣) حسن مظفر الرزو، «التنقيب المعلوماتي على موارد الشريعة الإسلامية،» **أحوال المعرفة**، السنة ١٣، العدد ٥١ (نيسان/ أبريل ٢٠٠٨)، ص ٣٨ ـ ٤٣.

الجدول الرقم (٥ ـ ١٢)

حصيلة تحليل العلاقات المقيمة بين المفردات المفاهيمية للنص

المجتمع	⇐	الإسلام	(٤)
حالة	⇐	الإسلام	(٤)
الإسلام	⇐	المجتمع	(٤)
الإسلام	⇐	الانتقال	(٤)
السياسة	⇐	الإسلام	(٤)
النهوض	⇐	الإسلام	(٤)
الشرق الأوسط	⇐	شمال أفريقيا	(٤)
الشرق	⇐	شمال أفريقيا	(٣)
الإسلام	⇐	الحكم	(٣)
الإسلام	⇐	الطريق	(٣)
وحدة لغوية	⇐	الإسلام	(٣)
المسلم	⇐	الإسلام	(٢)
الهدف	⇐	الحالة	(٢)
الإسلام	⇐	المبادئ	(٢)
الإسلام	⇐	الأسس	(٢)
الإسلام	⇐	المدرسي	(٢)
الأسس	⇐	المجتمع	(٢)
الحكومة	⇐	الإسلام	(٢)
الإسلام	⇐	السياسة	(٢)
الدين	⇐	السياسة	(٢)
المدرسي	⇐	الانتقال	(٢)
الهدف	⇐	الإسلام	(٢)
السياسة	⇐	الشرق الأوسط	(٢)
العربية	⇐	الإسلام	(٢)
الإسلام	⇐	العربية	(٢)
الاقتصاد	⇐	السياسة	(٢)
السياسة	⇐	الحياة	(٢)
التفسير	⇐	الإسلام	(٢)
الطوائف والملل	⇐	الإسلام	(٢)
الإسلام	⇐	الغرب	(٢)
الإسلام	⇐	القانون	(٢)
الإسلام	⇐	المجتمع	(٢)
الانتقال	⇐	الفشل	(٢)

ويبدو من نتيجة التحليل المدرجة في الجدول الرقم (٥ ـ ١٢) أن المؤلف حاول وصف العلاقات باتجاهات متعددة، وذهب إلى تأكيد دور الإسلام (بالاتجاهين الفاعل والمنفعل) على المجتمع، والسياسة، والنهوض الحضاري، كذلك أكّد وجود تلاحم وثيق بين الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يؤثر في نهج الأحداث في منطقة الدراسة.

بعدها تنقل ضمن مفردات نصه إلى بيان طبيعة العلاقات الأخرى وبحسب تكرار ورودها الذي يؤكد قوة العلاقة التي تربط في ما بينها.

ويُظهر الجدول الرقم (٥ ـ ١٣) أن فئة الإسلام سبقته مجموعة من الفئات، وبمستويات متباينة، داخل حدود عبارات النص.

وفي الوقت نفسه تلته فئات أخرى وبتكرار يناظر كل فئة من هذه الفئات. فهناك لدينا فئة سابقة هي الشرق الأوسط (مرّتان)، بينما تلته فئة الموقع (٣ مرات)، في حين يبدو أمامنا أن هناك نوعاً من التكافؤ بين المنظمة، والمجتمع (مرّتان) في دورانها حول فئة الإسلام.

الجدول الرقم (٥ ـ ١٣)

شبكة العلاقات القائمة بين فئة الإسلام والفئات المحيطة به (سابقة أو لاحقة)

المفردة السابقة		المفردة اللاحقة
الشرق الأوسط[٢]		الموقع[٣]
القواعد[٢]		الشرق الأوسط[٣]
المنظمة[٢]		المجتمع[٢]
المدرسي[٢]		الصراع[٢]
شمال أفريقيا[٢]		اللاهوت[٢]
الحالة[٢]		الوسائط[١]
طائفة/ نحلة[٢]		النظام السياسي[١]
الدين[٢]		المحبة[١]
الحكومة[١]	الإسلام	السلوك السيئ[١]
الزمن[١]		الإدراك[١]
التحكم والسيطرة[١]		الفوارق[١]
الواجب[١]		الفشل[١]
المرء[١]		العالم[١]
السلوك[١]		المصداقية[١]
الصراع[١]		التماثل[١]
الجريمة[١]		شمال أفريقيا[١]
المجتمع[١]		النصرانية[١]

إن وضع مفردة الإسلام في هذا الجدول يستهدف بيان المفردات التي تسبق ورودها داخل النص المنتخب، والمفردات التي تلي ورودها في النص. فعلى سبيل المثال نجد أن هناك تلازماً بين ذكر الشرق الأوسط (مرّتان) وذكر الإسلام، وكذلك الحال إذا ذكر الإسلام نجد أن هناك كلمات تليه على الدوام، مثل الصراع، والنصرانية، والسلوك السيئ.

د ـ التعلّم المراقب من مادة النصوص: تعد عمليات «التعلّم المراقب من مادة النصوص» (Supervised Learning from Text Data) من الوسائل التقليدية في استنباط المعلومات من البيانات. ويتم التعامل مع مادة النص من خلاف استكشاف بيانات التدريب (تغذية النظام بمجموعة متنوعة من البيانات بوصفها مدخلات مع اقتراح القيم المطلوبة للمخرجات المناظرة) لبلوغ دالة تعلّم يمكن استخدامها لحوسبة والتنبؤ بقيم البيانات غير المنظورة.

سابعاً: تمييز أسماء الأعلام والاصطلاحات

اسم العلم أو الاصطلاح هو عبارة عن مجموعة من الكلمات المتعاقبة التي تناظر اسماً لعلم أو ظاهرة ما، أو اصطلاح يوظف في ميدان من ميادين العلوم الإنسانية والعلمية، على سبيل المثال: من أسماء الأعلام: أبو عبد الله أحمد بن حنبل الشيباني، ومن الاصطلاحات: الفقه المقاصدي.

وتكمن مهمة «تمييز أسماء الأعلام والاصطلاحات» (Named Entity Recognition) هذا النمط من الأسماء، في قدرة النظام المحوسب على تمييزها من مادة النص، وتوزيعها على مجموعة فئات أو أصناف، سواء كانت هذه الفئات تشمل الأعلام، والاصطلاحات بمختلف حقول اختصاصاتها، وأسماء المدن، والظواهر الطبيعية، وغيرها. وتجابَه هذه الخوارزمية بجملة من العقبات، نتيجة لتعقد بنيتها اللغوية من جهة، واختلافٍ وتداخلٍ مع محتوى النص من جهة أخرى، الأمر الذي يحتّم علينا تبني خوارزمية أساسية، تضم مجموعة متنوعة من الخوارزميات الثانوية، والتي يختص كل منها بمنطق محدد.

فإذا أردنا على سبيل المثال التقاط أسماء المحدثين من كتاب **الصحيح** للإمام مسلم بن الحجاج النيسابوري، سنكون في البداية في حاجة إلى التعامل مع النص الكامل، الذي يضم جميع المفردات الواردة في **صحيح** الإمام مسلم مجتمعة. ثم نباشر بتوظيف عبارات الرواية، بمختلف أشكالها بوصفها علامة دالة على حضور رواية الحديث النبوي، بينما استخدمت أسماء الرواة للتنقل داخل حدود الرواية، وتحديد نقطة انتهاء الرواية الحالية، وبداية الرواية التي تليها. وستكون حصيلة هذه المعالجة تقليص الحجم الكبير من النص إلى مجموعة محدودة من الأسانيد التي استبعدت متونها لعدم عناية البحث إلا بالأسانيد. وتأتي المرحلة الثانية التي حتّمت علينا توظيف خوارزمية لالتقاط أسماء المحدثين من الأسانيد المنفردة، والمتكررة، على حد سواء.

وبهذا النهج نكون قد نجحنا، إلى حد ما، في التقاط وتمييز أسانيد الروايات المودعة في **صحيح** الإمام مسلم، ثم التقطنا أسماء الرواة لكل سند من هذه الأسانيد، وبحسب تراتبية حضورهم في سلسلة الأسانيد، مع احتفاظنا بصيغ الرواية التي تعد مؤشراً مهماً على مراتب السماع ونقل الحديث لدى أئمة علم الحديث ومصطلحه(٤٤).

وعلى صعيد آخر نجحت عملية حوسبة محتوى كتاب **تاريخ المدينة المنوّرة** لابن شبّة النميري في تحديد الكثير من أسماء الأعلام، والقبائل، وأماكن العبادة، والمظاهر الطبيعية(٤٥).

الجدول الرقم (٥ ـ ١٤)

أسماء الأعلام والقبائل والأماكن الملتقطة من كتاب «تاريخ المدينة المنورة»(*)

القبائل
بنو آدم[١]، بنو أبي بكر[١]، بنو أبي عمرو[١]، بنو أبي معيط[٣]، بنو أبيرق[٦]، بنو أحمر[٢]، بنو أزهر[١]، بنو أسد[٧]، بنو أسلم[١]، بنو أمية[٢٧]، بنو أوس[٢]، بنو أيوب[١]، بنو إسرائيل[٥]، بنو بدر[١]، بنو برمك[١]، بنو بكر[١]، بنو بياضة[٢]، بنو تميم[١٣]، بنو تيم[٥]، بنو ثعلب[٢]، بنو ثعلبة[٦]، بنو جديلة[٥]، بنو جرير[١]، بنو الجريش[١]، بنو جشم[٢]، بنو جعفر[٥]، بنو جعونة[١]، بنو جمح[١]، بنو الحارث[١٦]، بنو حارثة[٤]، بنو الحبلى[٣]، بنو حجر[٢]، بنو حديلة[٢]، بنو حرام[٥]، بنو حقيق[٢]، بنو الحكم[١]، بنو حنظلة[١]، بنو حنيفة[٣]، بنو خدارة[٣]، بنو خدرة[٢]، بنو الخزرج[٣]، بنو خطمة[٩]، بنو خفاجة[١]، بنو الديل[٣]، بنو دينار[٥]، بنو ذبيان[٢]، بنو ذكوان[١]، بنو راعية[١]، بنو رباح[٢]، بنو ربيعة[٢]، بنو رجيل[١]، بنو زريق[١٦]، بنو زفر[١]، بنو زمع[١]، بنو زمعة[١]، بنو زنيم[١]، بنو زهرة[١٠]، بنو ساعدة[٧]، بنو سالم[٣]، بنو سعد[١٠]، بنو سكين[١]، بنو سلمة[١٦]، بنو سليم[٥]، بنو سليمان[١]، بنو سمعان[١]، بنو سهم[١٢]، بنو سواد[١]، بنو السياق[٢]، بنو الشحر[٥]، بنو الشداخ[١]، بنو صخر[١]، بنو ضبة[١]، بنو ضبيعة[٣]، بنو ضمرة[٧]، بنو ضمعج[١]، بنو الطرماح[١]، بنو طلحة[١]، بنو الظرب[١]، بنو ظفر[٢]، بنو عامر[١١]، بنو عباد[١]، بنو عبد الأشهل[١١]، بنو عبد الدار[٢]، بنو عبد الرحمن[٢]، بنو عبد المطلب[٤]، بنو عبد الله[٨]، بنو عبد زهرة[١]، بنو عبد شمس[١]، بنو عبد مناف[٤]، بنو عبد يغوث[١]، بنو عبس[١٦]، بنو عتوارة[١]، بنو العجلان[١]، بنو عدي[١٩]، بنو عذير[١]، بنو عروة[١]، بنو عضية[٢]، بنو عضيدة[٢]، بنو عقيل[١]، بنو علي[٤]، بنو عمر[١]، بنو عمرو[١٥]، بنو عمير[٢]، بنو العنبر[١]، بنو عوف[٢]، بنو غفار[١١]، بنو غنم[٢]، بنو فاطمة[١]، بنو فزارة[٧]، بنو فهر[١]، بنو قريظة[١٠]، بنو قشير[٢]، بنو القمر[١]، بنو قيس[٢]، بنو قينقاع[٥]، بنو كعب[٥]، بنو كلاب[٣]، بنو كنانة[١]، بنو ليث[٨]، بنو مازن[٥]، بنو مالك[٤]، بنو مبشر[٤]، بنو مجاشع[١]، بنو محارب[١]، بنو محمد[٢]، بنو مخزوم[١١]، بنو مرّة[١]، بنو المصطلق[٨]، بنو مصعب[١]، بنو المطلب[٨]، بنو معاوية[٦]، بنو معدي كرب[١]، بنو معشر[١]، بنو المعلى[٢]، بنو المغيرة[٢]، بنو المنتفق[١]، بنو المنذر[٢]، بنو مهلائيل[١]، بنو نبهان[٢]، بنو النجار[٦]، بنو نصر[١]، بنو النضر[٢]، بنو النضير[١٦]، بنو النعمان[١]، بنو نمير[١١]، بنو نهد[٣]، بنو نهشل[١]، بنو نوفل[٢]، بنو هاشم[٢٦]، بنو هانئ[١]، بنو هدبة[١]، بنو هلال[١]، بنو وائل[٢]، بنو والبة[١]، بنو يشكر[١]، بنو يوسف[٢].

يتبع

(٤٤) حسن مظفر الرزو، «التنقيب في مرويات الإمام مسلم بواسطة النهج المحوسب،» ورقة قُدِّمت إلى: المؤتمر الدولي للتطبيقات الإسلامية في علوم الحاسوب وتقنياته، EMAN 2013، كوالالمبور، ماليزيا، ٢٠١٣.

(٤٥) حسن مظفر الرزو، «تحليل محوسب لخطاب الشاطبي الأصولي في كتابه «الموافقات»،» ورقة قُدِّمت إلى: الدورة السابعة من المؤتمر الدولي لعلوم وهندسة الحاسوب باللغة العربية، كلية علوم الحاسب والمعلومات، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض، ٣١ آذار/ مارس ـ ٢ حزيران/ يونيو ٢٠١١.

تابع

المساجد
مسجد: ابن أبي[١]، الأحزاب[١]، الأسفل[١]، الأعلى[١]، البدائع[١]، البصرة[١]، التقوى[١]، المسجد الحرام[٤]، الخربة[٢]، الذبح[١]، المسجد الذي (يصفه بصفة محددة)[١٢]، السجدة[١]، السنح[١]، الشجرة[١]، الشقاق[١]، الصغير[٢]، الفرار[١]، العجوز[٢]، الفتح[٤]، الفضيخ[٤]، القبلتين[٢]، القصيا[١]، الكوفة[١]، المدينة[١]، المرتفع[١]، المواجه لدار فلان[١]، مسجد النبي[٧]، اليمانية[١]، أبيّ[١]، أخوتنا[١]، ببطن مهزوز[١]، بني الحبلى[١]، بني أحمر[١]، بني بياضة[١]، بني حارثة[١]، بني حرام[٢]، بني خدارة[٤]، بني خدرة[٢]، بني خطمة[١]، بني دينار[١]، بني زريق[٤]، بني ساعدة[٢]، بني سالم[٣]، بني عبد[٣]، بني عدي[٣]، بني عضيّة[٢]، بني عمرو[٤]، بني قبالة[١]، بني قريظة[٢]، بني كدل[١]، بني مازن[١]، بني معاوية[٣]، بني وائل[٢]، بني جهينة[٧]، خوخة[١]، دار فلان[١]، دار النابغة[٢]، دمشق[١]، ذي الحليفة[١]، رسول الله[١٧]، عاتكة[٢]، عند المنارة[٢]، قباء[٢١]، قرئ فيه سورة كذا[١]، مازن[١]، في ناحية ما[٢]، واقم[١].
دار
دار: ابن أبي(؟)[٣]، ابن أملح[١]، ابن سباع[١]، ابن صفوان[١]، ابن عتبة[١]، ابن مسعود[٢]، ابن مشنو[١]، ابن مكمل[١]، الأعراب[١]،الأنصار[١]، الأويسيون[١]، التماثيل[١]، التنوّي[١]، الجنابذ[١]، الحارث[١]، الحجارة[٢]، الخرازين[١]، الخرق[١]، الدار التي[٢٤]، الربيع[٣]، الريان[١]، الشرقية[١]، الشفاء[١]، الصدقة[١]، الصلت[١]، الضيفان[١]، الطائفي[١]، العاص[١]، العباس[٢]، الفجير[١٠]، القضاء[٨]، القطران[٢]، القمقم[١]، الكبرى[١]، الكتبة[١]، المطلب[١]، المغيرة[٥]، المقداد[٢]، النابغة[٦]، النحام[١]، الندوة[١]، النقصان[١]، الوليد[٤]، المنكدر[١]، آل أبي[١]، آل حرام[١]، آل خراش[٢]، آل زمعة[١]، آل سراقة[١]، آل عبد[١]، آل عكاشة[١]، آل قليع[١]، آل نوفل[١]، آمنة[٢]، أبو الغيث[١]، أبو أمية[١]، أبو جهم[١]، أبو سبرة[٢]، أبو سيدة[١]، أبو عتبة[١]، أبو مطيع[١]، أبو نبيه[١]، أسماء[٤]، أسيد[١]، أم حسان[١]، أم خالد[١]، ام عمرو[١]، أم كلاب[١]، أم كلثوم[٢]، أنس[٢]، أويس[٢]، أيوب[١]، إبراهيم[٣]، اسماعيل[١]، بجير[١]، بسرة[١]، بناها رجل[١]، بنت الحارث[١]، بين (بيت كذا وبيت كذا)[١]، جبلة[١]، جبّى[٤]، جعفر[٢]، حباب[١]، حرام[١]، حسن[٣]، حفصة[٣]، حكيم[٢]، حمزة[١]،حميد[١]، حويطب[١]، خالد[٢]، خراش[١]، جبلة[١]، دبر[١]، رجل[١]، رفاعة[١]، رويشد[١]، زكوان[١]، ساق[١]، سعد[٣]، سعيد[٣]، شريح[١]، صبح[١]، صدقة[٢]، صفوان[١]، طلحة[١]، عائشة[١]، عامر[١]، عبد الحميد[١]، عبد الرحمن[٩]، عبد الله[٢]، عبد الملك[٢]، عثمان[١٥]، عدي[١]، عروة[١]، عقيل[١١]، علي[١]، عمر[٥]، عمرو بن العاص[٦]، عيسى[١]، فرج[٢]، قدامة[٢]، مؤمنين[١]، كانت لآل كثير[٧]، كرّز[١]، مبيض[١]محرز[١]، محمد[٥]، مدراقيس الطبيب[٢]، مروان[٥]، مساحق[١]، مسمار[١]، مصعب[١]، مطيع[٣]، معاوية[٤]، معين[١]، مليلة[٢]، منيرة[١]، موسى[٤]، نبيه[٢]، نوفل[١]، هانئ[١]، هشام[٣]، هند[١]، ورك[١]، وليد[١]، يزيد[٤].

(*) يشير الرقم المجاور للكلمة إلى تكرار حضورها في نصّ الكتاب.

ويظهر الجدول الرقم (٥ ـ ١٤) مجموعة منتخبة من هذه الفئة، اخترنا منها: أسماء القبائل، وأسماء مساجد المدينة، وأهم الدور فيها، والتي التقطت بواسطة خوارزميات التنقيب في نص الكتاب المذكور.

١ ـ تمثيل تدفق المعاني والمواضيع في مادة النص

يعتمد الأنموذج المستخدم في وصف تدفق المعاني مبدأ تتبع وبيان كل موضوع من المواضيع السائدة في النص، بمعزل عن بقية المواضيع. وبذلك سوف يتألف النص من مجموعة أوصاف متوازية لسريان المواضيع المودعة فيه.

ويعكس تدفق المواضيع مستوى الأهمية الذي يتمتع به موضوع بعينه، إزاء موقع محدد من المساحة التي تمتد عليها مادة النص. فعلى سبيل المثال، فإن مستوى أهمية كلمة (لنقل التقوى) في موقع محدد من وثيقة ما، منسوباً إلى موضوع (لنقل الزكاة) يمكن قياسه بواسطة هذا المعيار.

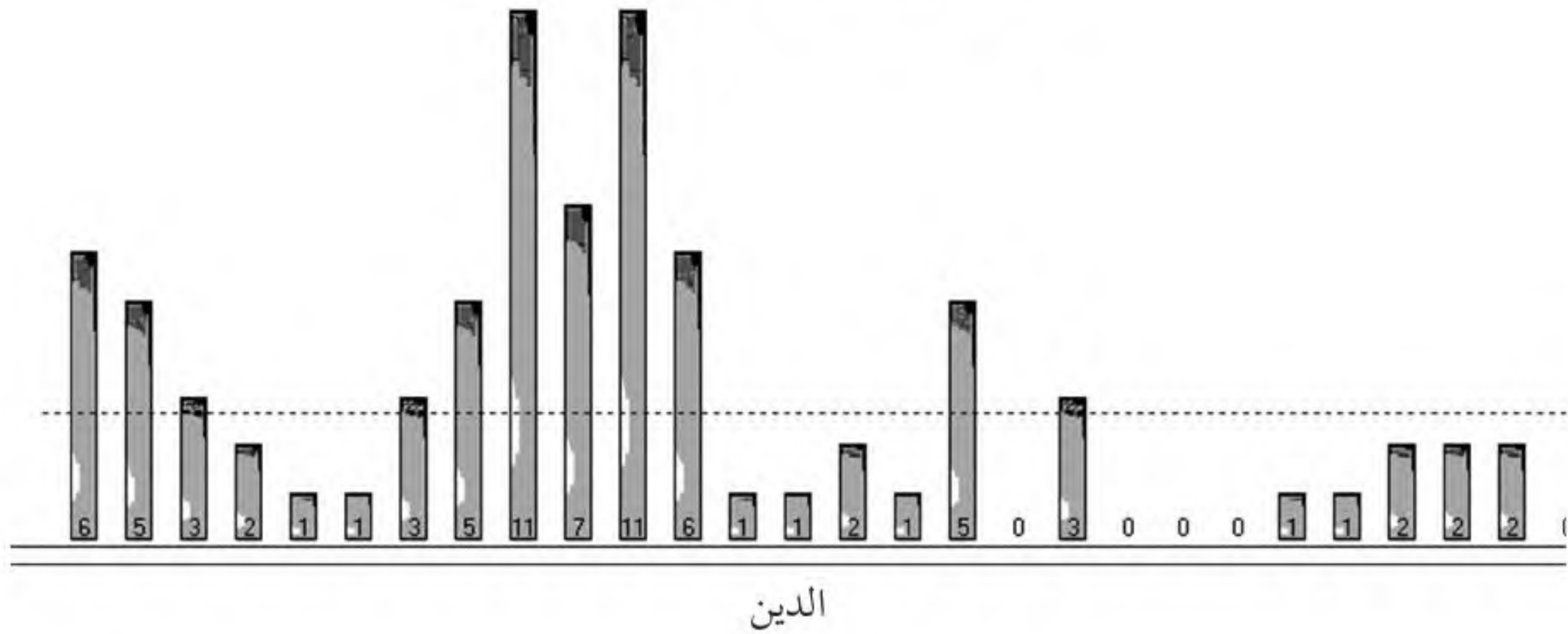
ولاستعراض أهمية المواضيع المطروحة في نص من النصوص، يمكن أن نباشر عملية رسم مستويات الأهمية باستخدام هذا النهج، ولكل نقطة ضمن سريان الخطاب في النص الذي نروم تحليل المواضيع الواردة فيه. وسيمنحنا الشكل الرسومي، الذي سنحصل عليه، صورة واضحة المعالم عن طبيعة سريان المواضيع والمعاني داخل حدود النص الذي تناولناه بالسبر والتحليل.

وقد اقتطعنا الشكل الرقم (٥ ـ ٤) من إحدى الدراسات التي تناولنا فيها النص الذي عالج فيه المستشرق برنارد لويس مسائل معاصرة تتعلق بالمسلمين، حيث يظهر فيه بجلاء سريان المواضيع وأهميتها ضمن تراتبية الكلمات الواردة في حدود الكتاب الذي عالج فيه هذه المسألة(٤٦).

الشكل الرقم (٥ ـ ٤)

أنماط ورود مجموعة منتخبة من المواضيع

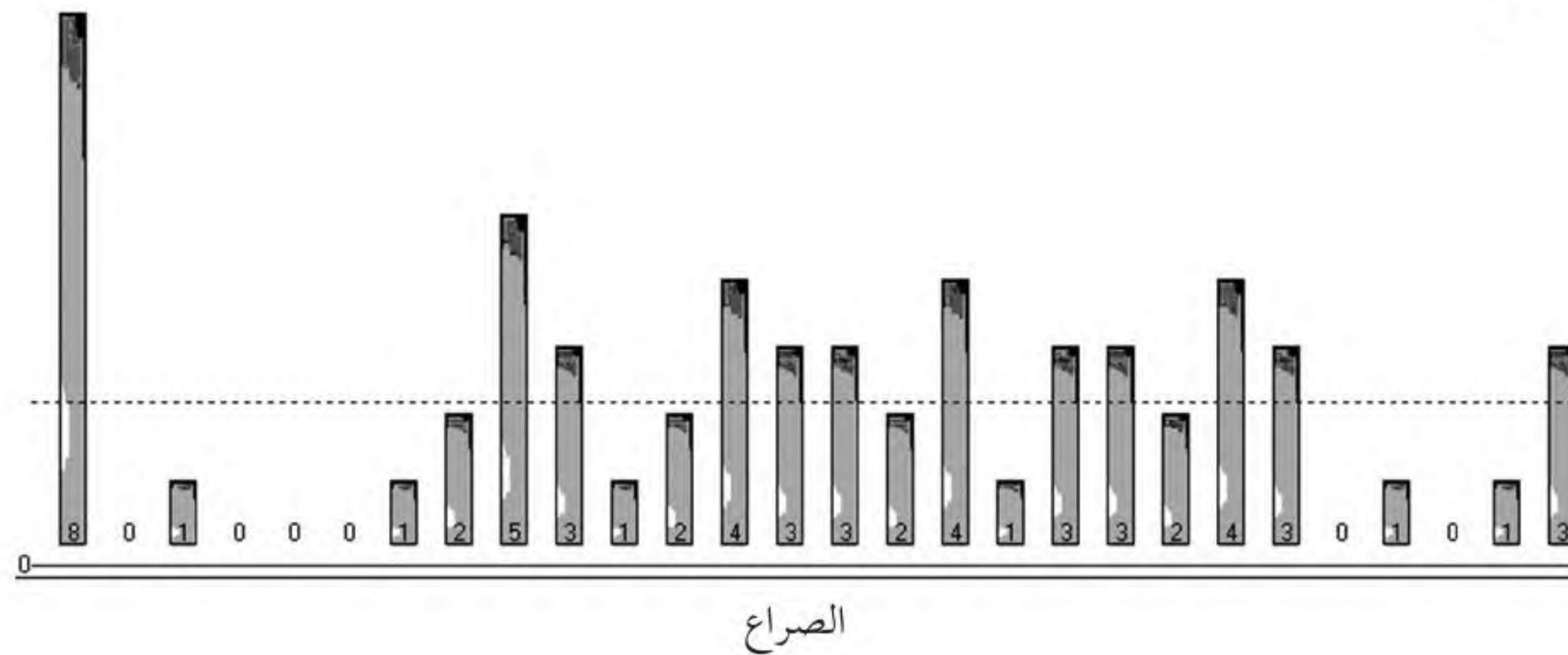
داخل نص المستشرق برنارد لويس



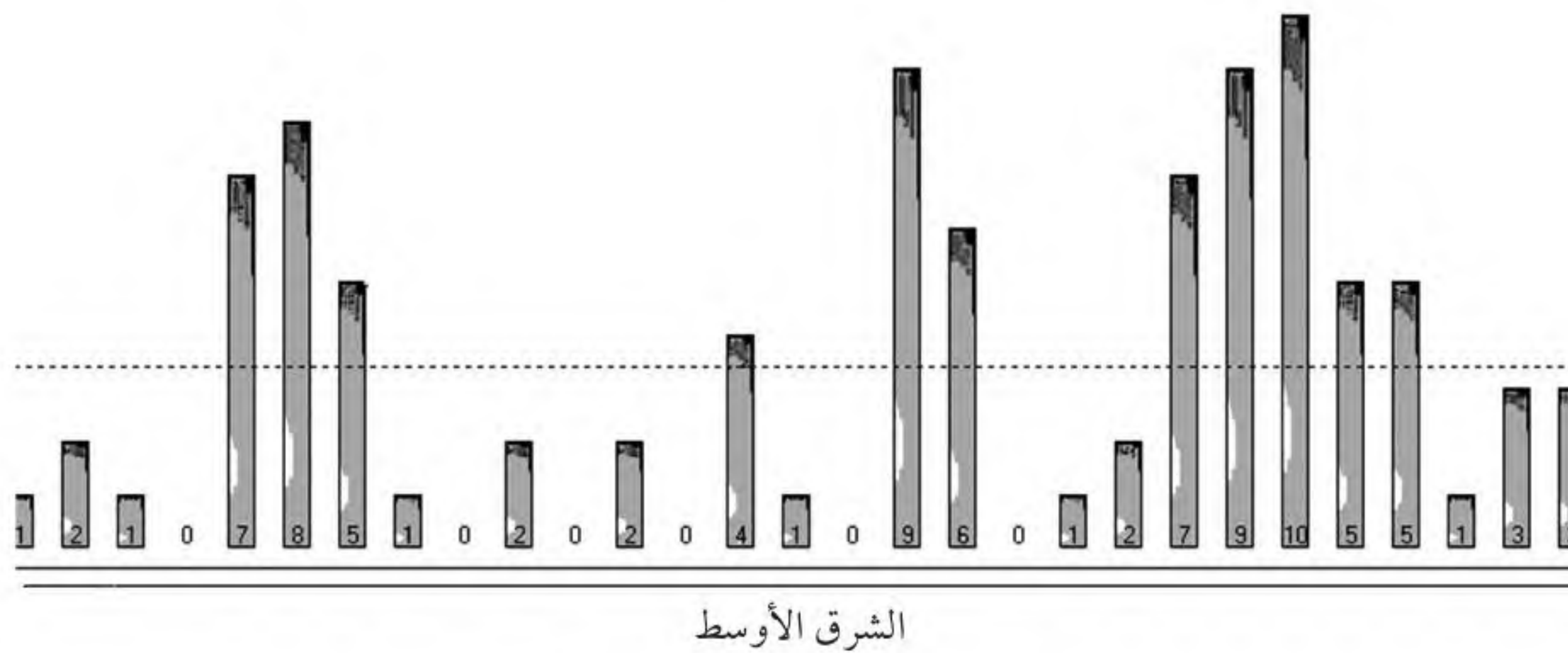
يتبع

(٤٦) حسن مظفر الرزو، «تحليل نصوص إسلامية بواسطة تقنية التنقيب المعلوماتي،» **مجلة بونة للبحوث والدراسات** (مؤسسة بونة للبحوث والدراسات)، العدد ٦ (كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٦)، ص ١١٣ ـ ١٢٦.

تابع



الصراع



الشرق الأوسط

ولكي نبرز القدرة الفريدة لعملية التنقيب في النصوص في سبر المواضيع وتفرعاتها في نص أصولي، حاولنا أن نورد شريحة من البيانات التي استطعنا الحصول عليها من التحليل المحوسب لكتاب **الموافقات** للإمام الشاطبي(٤٧).

ويظهر في الجدول الرقم (٥ ـ ١٥) أهم المفردات التي استخدمها الإمام الشاطبي، في محوري المظان والوسائل، سواء كانت هذه المقاصد حكماً ومعاني جزئية أو تفصيلية، أم كانت مصالح ومنافع كلية وعامة.

(٤٧) الرزو، «تحليل محوسب لخطاب الشاطبي الأصولي في كتابه «الموافقات»».

الجدول الرقم (٥ ـ ١٥)

نتائج تتبع المفردات المقاصدية في كتاب «الموافقات»

المحور	المفردات المقاصدية	
مظانّ المقاصد	المصالح	استجلاب المصالح[٢]، اقتضاء المصالح[١]، اقتناص المصالح[١]، أسباب المصالح[٢]، أصل المصالح[٣]، أعيان المصالح[١]، إثبات المصالح[١]، إدراك المصالح[١]، إعتبار المصالح[١٥]، إعمال المصالح[٣]، إقامة المصالح[٥]، بث المصالح[٢]، تحصيل المصالح[٣]، ترك المصالح[٢]، تعطيل المصالح[١]، تفاصيل المصالح[١]، تفاوت المصالح[١]، جريان المصالح[٢]، جلب المصالح[١٣]، جنس المصالح[١]، جهة المصالح[١]، رعاية المصالح[١]، سبب المصالح[١]، فهم المصالح[١]، قواعد المصالح[٢]، مراعاة المصالح[٥]، مصالح آخروية[٩]، مصالح الأصول[١]، مصالح التكليف[١]، مصالح الخلق[٤]، مصالح الدارين[٢]، مصالح الدنيا[٦]، مصالح الدين[٣]، مصالح العباد[٣٤]، مصالح الغير[٣]، مصالح المسلمين[٢]، مصالح النفس[٥]، مصالح الولاة[١]، مصالح أهل الأرض[١]، مصالح جزئية[١]، مصالح حاجية[١]، مصالح خاصة[٤]، مصالح دنيوية[٧]، مصالح دينية[٢]، مصالح ضرورية[١]، مصالح عادية[١]، مصالح عامة[١٠]، مصالح كلية[١]، مصالح منبثة[١]، مصالح مجتلبة[٢]، مصالح محضة[١]، مصالح مرسلة[١٦]، مصالح مشوبة[١]، مصالح معتبرة[٤]، مصالح معقولة المعنى[١]، مصالح ناشئة[٢]، مقتضى المصالح[١]، نشر المصالح[١]، وجوه المصالح[٣]، وضع المصالح[٢].
	المفاسد	اجتناب المفاسد[١]، استجلاب المفاسد[١]، أسباب المفاسد[٢]، إيقاع المفاسد[١]، جزئيات المفاسد[١]، درء المفاسد[١٨]، سبب المفاسد[١]، عارضات المفاسد[١]، مفاسد آخروية[٢]، مفاسد دنيوية[٢]، مفاسد راجعة[١]، مفاسد غير مقصودة[١]، مفاسد غير متوقعة[١]، مفاسد محضة[١]، مفاسد مستدفعة[٢]، مفاسد معتبرة[١].
	الذرائع	أصل الذرائع[١]، حكم الذرائع[٣]، سد الذرائع[١٩]، قاعدة الذرائع[٥].
	الاستحسان	أصل الاستحسان[١]، تفسير الاستحسان[١]، عدم الاستحسان[٢]، عموم الاستحسان[١]، قاعدة الاستحسان[١]، مسألة الاستحسان[١].
	الحيل	جواز التحيل[١]، نسبة التحيل[٢]، إعمال الحيل[١]، قاعدة الحيل[١]، مسائل الحيل[١]، حيل المرائين[١]، حيل المنافقين[١]، تحيل جائز[٢]، تحيل ممنوع[١]، إبطال حيلة[١]، تصحيح حيلة[١].
الوسائل	الأحكام	الأحكام الخمسة[١١]، أحكام الآخرة[١]، أحكام الأخبار[١]، أحكام الأدلة[١]، أحكام الأسباب الواقعة[١]، أحكام الأفعال[١]، أحكام الاجتهاد[١]، أحكام الإسلام[٣]، أحكام التغير[١]، أحكام التكليف[٧]، أحكام الجاهلية[١]، أحكام الجزئيات[١]، أحكام الحديث[١]، أحكام الخوارق[١]، أحاكم الدين[٢]، أحكام الرخص[٤]، أحكام السنة[٢]، أحكام الشريعة[١٤]، أحكام العاديات[٣]، أحكام العامة[١]، أحكام العبودية[١]، أحكام العربية[١]، أحكام العزائم[١]، أحكام العقل[١]، أحكام العوائد[٣]، أحاكم الفروع[١]، أحكام القرآن[١]، أحكام القوانين[١]، أحكام الكليات[١]، أحكام اللفظ[١]، أحكام الله[٤]، أحكام النصوص[٣]، أحكام إلهية[١]، أحكام الوجوب[٢]، أحكام آخروية[١]، أحكام أهل العوائد[٢]، أحكام إجماعية[١]، أحكام بشرية[١]، أحكام تبعية[١]، أحكام تكليفية[١٢]، أحكام ثابتة[٢]، أحكام جزئية[٢]، أحكام خطاب التكليف[١]، أحكام دنيوية[٢]، أحكام شرعية[٢٧]، أحاكم ظاهرة[١]، أحكام عادية[٦]، أحكام عبادية[٢]، أحكام كلية[٤]، أحكام لطيفة[١]، أحكام مترتبة[١]، أحكام متنافية[١]، أحكام متوجهة[١]، أحكام مدنية[٢]، أحكام مستقرة[١]، أحكام مستنبطة[١]، أحكام مشروعة[١]، أحكام مكية[٥].

يتبع

تابع

	التكليف	ابتداء التكليف[١]، امتناع التكليف[٢]، أحكام التكليف[١]، أحوال التكليف[١]، أسرار التكليف[١]، أصل التكليف[٩]، أعمال التكليف[١]، أمور التكليف[١]، إسقاط التكليف[٤]، إقامة التكليف[١]، بقاء التكليف[١]، تعطيل التكليف[١]، تكليف الكفار[١]، تكليف ما لايطاق[٤]، توجه التكليف[١]، ثواب التكليف[١]، جهة التكليف[٣]، حصول التكليف[١]، حكم التكليف[٣]، خطاب التكليف[٢٦]، ربقة التكليف[١]، سقوط التكليف[١]، سلطان التكليف[١]، شدة التكليف[١]، شرط التكليف[٥]، صحة التكليف[٢]، عمل التكليف[١]، عين التكليف[١]، فرض التكليف[١]، فهم التكليف[١]، قيد التكليف[١]، لزوم التكليف[٢]، لفظ التكليف[١]، محل التكليف[١]، مراتب التكليف[١]، مشقة التكليف[٢]، مصالح التكليف[١]، مطلق التكليف[٢]، مقتضى التكليف[١]، مناط التكليف[١]، منبع التكليف[١]، منع التكليف[٢]، مورد التكليف[١]، موقع التكليف[١]، نفي التكليف[١]، ورود التكليف[١]، وقوع التكليف[١].
	الأسباب	أسباب التنزيل[٢]، أسباب الرخص[٥]، أسباب النزول[١]، أسباب تكليفية[١]، أسباب جارية[١]، أسباب جزئية[١]، أسباب رفع الجناح[١]، أسباب شرعية[٣]، أسباب ظاهرة[١]، أسباب عادية[٣]، أسباب عبادية[٣]، أسباب عقلية[١]، أسباب غريبة[١]، أسباب مبيحة[١]، أسباب محظورة[١]، أسباب مشروعة[١٢]، أسباب مشهورة[١]، أسباب معللة[١]، أسباب مكتسبة[١]، أسباب ممنوعة[٩]، أسباب موجبة[١]، أسباب موصلة[١]، أسباب موضوعة[١]، أسباب واقعة[١]، اطراح الأسباب[٢]، تعارض الأسباب[١]، تعاطي الأسباب[٥]، جريان الأسباب[٢]، حكم الأسباب[٣]، طرح الأسباب[١]، علم الأسباب[٣]، فعل الأسباب[١]، مآلات الأسباب[٢]، مراعاة الأسباب[١]، مسببات الأسباب[٤]، مشروعية الأسباب[٢]، مقام الأسباب[١]، مقتضى الأسباب[١]، موقع الأسباب[١]، وجود الأسباب[١]، وضع الأسباب[١]، وقوع الأسباب[١].
	الموانع	مانع شرعي[٢]، مانع مستجلب[١]، مانع مغمور[٢]، إيقاع المانع[٢]، تحرّي المانع[١]، حصول المانع[١]، رفع المانع[١]، فقد المانع[١]، قيام المانع[١]، وجود المانع[٢].
	الرخص	اجتناب الرخص[٢]، أحكام الرخص[٤]، أخذ بالرخص[٧]، أسباب الرخص[١٠]، أصل الرخص[٢]، تتبع الرخص[٨]، ترخص مشروع[١]، ترك الرخص[٧]، تقرير الرخص[١]، جهة الرخص[١]، جواز الرخص[١]، حد الرخص[١]، حقيقة الرخص[٢]، حكم الرخص[٢]، خواص الرخص[٧]، رخص المذاهب[٤]، رخص إضافية[١]، رخص راجعة[٢]، رخص مأمور بها[٢]، رخص مباحة[٢]، رخص مخففة[٢]، رخص مشروعة[١]، شرعية الرخص[٤]، ضبط الرخص[١]، طلب الترخص[١]، علة الرخص[١]، عمل بالرخص[٢]، قبول الرخص[١]، لفظ الرخص[٣]، مجرى الرخص[١]، محل الرخص[٤]، مشروعية الرخص[٧]، مقتضى الرخص[٤]، منع الترخص[١]، موجب الرخص[١]، نصوص الرخص[١].
	الألفاظ	اختلاف اللفظ[١]، استعمال اللفظ[١]، اشتراك اللفظ[١]، إطلاق اللفظ[٦]، اعتبار اللفظ[١]، أدلة لفظية[١]، تعميم اللفظ[٢]، تواتر لفظي[١]، جهة اللفظ[١]، دلالة اللفظ[٢]، دليل لفظي[١]، دورن اللفظ[١]، شمول اللفظ[٢]، صريح اللفظ[١]، ظاهر اللفظ[٢]، عموم اللفظ[٦]، عموم لفظي[٣]، فهم اللفظ[١]، قصد اللفظ[٢]، لفظ إفرادي[١]، لفظ ظاهر[١]، لفظ مشترك[١]، مجرد اللفظ[٢]، مدلول اللفظ[١]، مقتضى اللفظ[٤]، موضوع اللفظ[١]، وضع اللفظ[٢].
	المعاني	إتباع المعاني[٢]، اعتبار المعاني[١]، اقتناص المعاني[١]، التفات للمعاني[٧]، تتبع المعاني[٢]، تثبيت المعاني[١]، تجريد المعاني[١]، تحقيق المعاني[١]، توسيع المعاني[١] خصوصيات المعاني[١]، علم المعاني[٥]، فهم المعاني[١]، معاني الاجتماع[١]، معاني الانفراد[١]، معاني الآيات[١]، معاني الأحاديث[١]، معاني الشريعة[٢]، معاني العادات[١]، معاني القرآن[١]، معاني النبوة[١]، معاني النصوص[١]، معاني تفصيلية[١]، معاني جارية[١]، معاني شرعية[٢]، معاني عقلية[١]، معاني علمية[١]، معاني عملية[١]، معاني قياسية[١]، معاني مخترعة[١]، معاني مركبة[١]، معاني نظرية[١]، وجوه المعاني[١].

وتشكل هذه المفردات بنسقها التكراري (في عموم كتاب **الموافقات**) النظام الشامل، والنسيج الأصولي المتناسق الذي على الباحث أن يستحضره، ويطبقه في عملية سبر النسق المقاصدي لدى هذا الإمام الجليل، شريطة أن لا يكتفي تجاهه بالاهتمام بالألفاظ والمباني، وظواهر النصوص، من دون النظر في المعاني والأسرار ومختلف أوجه التأويل والتعليل الممكنة لهذه الألفاظ عبر توظيفها في بنى العبارات التي حفل بها كتابه الجليل.

ولما كان الإمام الشاطبي قد أولى اهتماماً بالغاً بمسألة العلم وأهله، وأدواته. فقد ازدحمت مادة الموافقات بالمفردات الاصطلاحية التي تناقش هذا الموضوع من جميع جوانبه. بيد أن هذا الإمام الجليل لم يقتصر في تناوله لمسائل النهج المقاصدي على مجال محدد، ولكن سعى إلى توظيف كل أنواع العلوم التي تتطابق مع مقاصد الشرع في نسقه المعرفي، فبرز أمامنا طيف واسع من العلوم، وأربابها، وأدواتها التي لم تكن نلتفت إليها في دراسات أصولية استوطنت في خارطة علم الأصول في عصره أو عصور سابقيه؛ حيث وجهنا عنايتنا إلى التنقيب في نص كتابه الشهير **الموافقات** لسبر حضور هذه المفردات، وأنواعها، ومراتبها، وتكرارها داخل حدود نص الكتاب، فوجدنا أنها تنقسم إلى محورين[(٤٨)]:

• **المحور الأول: أنواع العلوم ومراتبها**: إن أهم ما يميز النسق المعرفي لدى الإمام الشاطبي يكمن في توظيف جل المفردات التي تسري في عالم المسلم اليومية في عملية سبر مقاصدية التشريع بمختلف تجلياته. بالمقابل، نلاحظ انضباط عملية التوظيف بقوانين العلم وقواعد الأصول الصارمة.

من أجل هذا أولى صاحب **الموافقات** اهتماماً بالغاً بأنواع العلوم، ومراتبها، ومتعلقاتها. وأظهرت لنا عمليات الحوسبة أن هذا الإمام الجليل اهتم بالعلم داخل حدود التحليل الأصولي المقاصدي، فأودعه ضمن نسيج النسق المفاهيمي لكتابه عبر ثلاثة مستويات رئيسة:

(١) أنواع العلم: علم الأسباب[٢]، علم الأصول[٩]، علوم الأقدمين[٢]، علم الأنواء[١]، علم الأولين والآخرين[١]، علم الاشتقاق[١]، علم الباطن[١]، علم البيان[١]، علم التاريخ[١]، علم

(٤٨) حسن مظفر الرزو، «التنقيب المحوسب وتحليل النصوص للمصادر الرقمية: دراسة تطبيقية لخطاب الشاطبي الأصولي في كتاب «الموافقات»،» ورقة قُدِّمت إلى: الملتقى العربي الثالث لتكنولوجيا المكتبات والمعلومات (تقنيات الجيل الثالث ومدخلاته في مجتمع المكتبات والمعلومات)، شبكة أخصائيي المكتبات والمعلومات، القاهرة، ٢٢ ـ ٢٤ آذار/ مارس ٢٠٠٩.

التفسير[٤]، علم الجدل[١]، علم الحديث[٤]، علم الحروف[٢]، علم الذات[١]، علم الساعة[١]، علم السحر[٢]، علم الشريعة[١٢]، علم الطب[١]، علم الطبيعة[٢]، علم الظاهر[١]، علم العدد[١]، علوم العرب[٢]، علم العربية[٧]، علم العيافة والزجر[١]، علم الغيب[٣]، علم فنون البلاغة[١]، علم القراءات[٢]، علم القرآن[٥]، علم الكلام[٩]، علم كلام العرب[١]، علوم الفلسفة[٢]، علم اللسان[٢]، علم اللغة[١]، علم الله[٣]، علوم المتأخرين[١]، علم المتشابهات[١]، علم المعاني[٥]، علم المقصود الشرعي[١]، علم المدني[١]، علم المكي[١]، علم المنطق[٢]، علم الناسخ والمنسوخ[٢]، علم النجوم[١]، علم النحو[٤]، علم الهندسة[١]، علم الهيئة[٣].

(٢) مراتب العلم: علم إلهي[١]، علم باعث[١]، علم حاصل[١]، علم شرعي[٩]، علم طبيعي[٢]، علم عقلي[١]، علم عملي[١]، علوم بعيدة الغرض[١]، علم قطعي[٢]، علوم مأخوذة[١]، علوم محفوظة[١]، علم مستفاد[١]، علوم مطلوبة[٢]، علوم معتبرة[٢]، علم مقيد[١]، علوم نظرية[١]، علوم نقلية[١]، علوم يقينية[١].

(٣) العلم بحسب متعلقاته: العلم بالأدواء والعيوب[١]، العلم بالجزئيات[٢]، العلم بالروحاني[١]، العلم بالعادات[١]، العلم بالعاديات[١]، العلم بالعربية[٤]، العلم بالكلي[٢]، العلم بالمخالفة[٢]، العلم بالمصلحة[١]، العلم بالمضرة[١]، العلم بالمغيبات[١]، العلم بالموضوع[١]، العلم بطريق العمل[١]، العلم بفروع الشريعة[١]، العلم بمآل المعصية[١]، العلم بمجاري العادات[١]، العلم بمقاصد الشارع[٤]، العلم بمقاصد الشريعة[٢].

- **المحور الثاني: أهل العلوم وأرباب المعارف**: حفل كتاب الشاطبي بمجموعة كبيرة من الأصحاب، وأهل العلوم، وأرباب المعارف الذين تربطهم وشائج متينة بالنسق المقاصدي الذي حاول إرسائه في كتابه الجليل.

فنلاحظ من الأصحاب: صحابة رسول الله ﷺ: (أصحاب النبي[٦]، أصحاب رسول الله[١٢]، أصحاب محمد[٧])، وهناك أصحاب يشاركونه في مسيرة العلم مثل: أصحاب الأئمة المجتهدين[١]، وأصحاب الفقهاء[١]، وأصحاب السنن[١]، أصحاب هذا العلم[١]، وأصحاب الرأي[٢]، وأصحاب المحابر[١]، وأصحاب السيّر[٣].

ويقف قبالتهم: أصحاب الاختلاف[١]، وأصحاب الأهواء[٢]، وأصحاب البدع[٣]، وأصحاب النقص[١]، وأصحاب الضلالة[١]. كذلك نجد مجاميع خارج دائرة الفقه مثل: أصحاب المنطق[١]، وأصحاب الأحوال[٤]، وأصحاب الخوارق[٢]، وأصحاب الكرامات[١]، وأصحاب الحظوظ[١].

وقد عرّج أيضاً على ذكر أهل الصنعة وأئمة الشأن، وأرباب المعارف ليكمل دائرة نسقه المعرفي فذكرهم وفق تبويب يؤشر بوضوح إلى مدى عنايته بهذه الطبقات فنلاحظ لديه أقساماً بحسب:

(١) العقائد والملل: أهل الإسلام[٢٢]، أهل الأصنام[١]، أهل الأعصار الخالية[١]، أهل الأهواء[٣]، أهل الأوثان[٤]، أهل الذمة[١]، أهل الردة[١]، أهل الزيغ والضلال[٣]، أهل البدع والأهواء[٦]، أهل التوراة[٢]، أهل الجاهلية[١]، أهل الجحيم[١]، أهل الجنان[١]، أهل الجنة[٤]، أهل الخلود[١]، أهل الدين[٣]، أهل الذكر[٢]، أهل الشرك[١]، أهل الشهادتين[١]، أهل الغيبة[١]، أهل الفترات[٣]، أهل النار[٥]، أهل النبوة[١]، أهل النعيم[١]، أهل الكتاب[٥]، أهل الكفر[٣]، أهل المعصية[١]، أهل الملّة[١]، أهل النفاق[٢]، أهل الهوى[٢].

(٢) فرق مذاهب إسلامية: أهل الرأي[٢]، أهل التشبيه[١]، أهل السنة[٦]، أهل الظواهر[١]، أهل الحديث[١]، أهل الحق[٤]، أهل النظر[٢]، أهل المذاهب[٢]، أهل المذهب[٣]، أهل مذهب مالك[١].

(٣) علوم شرعية: أهل الاجتهاد[٩]، أهل الأصول[١٠]، أهل الاجماع[٤]، أهل البيان[١]، أهل الشريعة[٨]، أهل التواتر[١]، أهل العربية[٧]، أهل العلم[٢٧]، أهل القراءات[١]، أهل القرآن[١]، أهل الكلام[١]، أهل اللسان[١]، أهل المنطق[٥].

(٤) السلوك والزهد: أهل الاخلاص[١]، أهل الاقتداء[١]، أهل الانتماء[٢]، أهل الأدب[١]، أهل الصيام[١]، أهل الطاعة[٢]، أهل الافتقار[١]، أهل الإيمان[٥]، أهل التحقيق بالسلوك[١]، أهل التصوف[٢]، أهل العدالة[٤]، أهل الطرق[٤]، أهل التفريع والبسط[١]، أهل التقوى والفضل[١]، أهل الحزم[١]، أهل الخوارق والكرامات[١]، أهل الدثور[١]، أهل العزائم[١]، أهل إسقاط الحظوظ[١]، أهل الفضل[١]، أهل الكشف والاطلاع[١]، أهل المحبة[١]، أهل المروءة[١]، أهل المعرفة[٢]، أهل الورع[١]، أهل الولاية[١]، أهل خوارق العادات[١].

(٥) علوم غير شرعية: أهل السفسطة[١]، أهل التجارب والطب[١]، أهل التعديل النجومي[١]، أهل العادات الجارية[١]، أهل العدد[١]، أهل الحكمة الفلسفية[١]، أهل العقول[١]، أهل العلوم الطبيعية[١]، أهل العلوم العقلية[١]، أهل العوائد الظاهرة[١]، أهل الفلسفة[١]، أهل الهندسة[١]، أهل خط الرمل[١].

(٦) أزمنة وأمكنة: أهل الأرض[١]، أهل البادية[٢]، أهل البدو[١]، أهل البلد[١]، أهل البيت[١]، أهل الحضر[١]، أهل السفينة[١]، أهل السماء[١]، أهل السموات والأرض[٢]، أهل

السوق[١]، أهل الشام[٢]، أهل زماننا هذا[٢]، أهل صفين[١]، أهل القرية[٢]، أهل المدينة[٧]، أهل المشرق[٢]، أهل المصر[١]، أهل المغرب[٢]، أهل تونس[١]، أهل فاس[١]، أهل مصر[٢]، أهل مكة[١].

(٧) أرباب المعارف: أرباب الاجتهاد[١]، أرباب الأحوال[١٥]، أرباب التصريف[١]، أرباب التفسير[١]، أرباب الحدود[١]، أرباب الحظوظ[١]، أرباب الديون[٢]، أرباب صنائع[١]، أرباب العادات[١]، أرباب العربية[١]، أرباب العقول[٢]، أرباب العوائد[٢]، أرباب الكلام[٢]، أرباب المذاهب[٢]، أرباب المكاشفات[١]، أرباب النحل[١].

٢ ـ التنقيب في النصوص: مبادئ ومعايير ختامية

رغم الدور الفاعل الذي تمارسه تقنيات التنقيب في النصوص، والنتائج المبهرة التي تحققت منذ ولادته التي لم تتجاوز عقدين من الزمان، فإن من الضروري التعامل مع نتائجه بنهج نقدي متزن. ولا يمكن تحقيق ذلك دون بيان المبادئ التي قد تسهم خارطة الطريق في التعامل مع هذه التقنية، وأدواتها، ومستوى الموثوقية بنتائجها.

لقد اقترح الباحثان غريمر وستيوارت[(٤٩)]، أربعة مبادئ جوهرية لبيان ما يمكن بلوغه على صعيد التنقيب في النصوص، وتحليل محتواها، واستخلاص عصارتها المعرفية، يمكن إجمالها بما يأتي:

المبدأ الأول، تفتقر جميع النماذج اللغوية المحوسبة إلى سمة التكامل، بسبب خصوبة اللغة، وتعدد أدوات الخطاب، وتنوع مباني العبارات، وتعدد معانيها، الأمر الذي يشكل عقبة حقيقية لا يمكن تجاوزها بصورة كلية بواسطة النماذج الألسنية المحوسبة في الوقت الراهن، والتي لا تزال مقيدة بأنماط محددة من الخطاب المعرفي.

المبدأ الثاني، لا يمكن أن تكون هذه التقنيات المحوسبة بديلاً من حضور الذات الإنسانية، في قراءة النص، وتحليل المسائل اللغوية، والبلاغية، وبيان معانيه، وربطها ببنيته اللغوية. ولكنها ستوفر دعماً إضافياً في بيان كثير من المسائل ذات الطابع الكمي، والألسني حول بعض الظواهر، والأنماط السائدة في النص، والتي لم تألف ملكتنا البشرية توظيفها بهذه الأنماط من المعالجات الفريدة. كما ستسهم بدعم قدراتنا على فهم الكثير من الأمور التي تتطلب سلسلة من عمليات التحليل والمراجعة.

(٤٩) Justin Grimmer and Brandon M. Stewart, «Text as Data: The Promise and Pitfalls of Automatic Content Analysis Methods for Political Texts,» *Political Analysis* (2013), pp. 1-31.

المبدأ الثالث، لا توجد نتائج مطلقة لعمليات التنقيب التي تمارس في مادة النصوص بسبب اختلاف النهج المستخدم، ومنهج المعالجة. فهناك نماذج تسعى إلى التنقير عن الكلمات، ومستوى حضورها، فتنحصر نتائجها في هذا النطاق الضيّق؛ بينما تسعى نماذج أخرى إلى التنقير عن المواضيع المطروحة في النصوص، وتبويبها، وتتبع النزعة السائدة فيها؛ وهناك نماذج أخرى تسعى إلى بيان طبيعة الشبكات الدلالية التي تربط المفردات، وتنتج منها المعاني.

وعلى هذا الأساس يمكننا القول إن لكل حالة ورؤية أنموذجاً يسعى إلى الإجابة عمّا يدور بخلدنا من مسائل؛ وإن كل إجابة مرتهنة بمجالها، وليس ثمة أنموذج مطلق قادر على الإجابة عن كل ما يدور في خلدنا.

المبدأ الرابع، ضرورة إعادة التحقق والتثبّت من النتائج التي تسفر عنها عمليات التنقيب في النصوص، لأن المعالجة اللغوية المحوسبة قد تولّد نتائج تفتقر إلى الموضوعية، أو تغيب عنها المعاني التي نروم نوالها من عملية التنقيب. فإذا وظفنا التنقيب بواسطة التعلّم (غير الخاضع للمراقبة) لتوليد فئات محددة من مادة النص، لا نستبعد بروز فئات لا تتوافق مع النهج البشري في عملية التصنيف. فربما تصح نتائج المقايسات الرياضية، والإحصائية في توليدها، بينما تولّد لنا تناقضاً على مستوى المعاني والدلالات المعرفية. لذا من الضروري تتبع نتائج المعالجات التنقيبية، وإعادة مراجعتها بالنهج ذاته، أو بأساليب تنتمي إلى أنساق معرفية أخرى لضمان توافقها مع مسارات الذهن البشري ومنطقه المعرفي.

ثامناً: التنقيب في صفحات الويب

يعدّ «التنقيب في صفحات الويب» (Web Mining) محوراً مهماً من محاور تقنيات التنقيب في المعلومات. وقد تعمّقت أهمية هذا المحور نتيجة النمو المتزايد في أعداد مواقع الويب خلال العقدين الأخيرين، فأضحت مسألة ضرورية لتجاوز النمو الهائل في محتوى مواقع الويب التي بلغت أعدادها أرقاماً خيالية تجاوز بضع عشرات المليارات.

بصورة عامة، شاع نهجان في تحديد معالم التنقيب في مواقع الويب: اتسم **الأول** بتوجيه اهتمامه إلى المعالجات التي تمارس خلال هذه التقنية، فأضحى لديه التنقيب في مواقع الويب عبارة عن سلسلة من المهام التي تمارس على بيئة الويب؛ أما **الثاني** فوجه

اهتمامه نحو سمة البيانات المقيمة في مواقع الويب، فأضحى نهج التنقيب لديه عبارة عن سلسلة عمليات تمارس على بيانات صفحات الويب.

وعليه، يمكننا القول إن عملية التنقيب في مواقع الويب تتضمن استخدام التقنيات السائدة بميدان التنقيب في البيانات لاستخلاص المعلومات، والعصارة المعرفية من بيانات الويب، ووثائق صفحاتها، والارتباطات التشعبية التي تربط في ما بين هذه الوثائق، ومحتويات قوائم الدخول إلى مواقع الويب، وبيانات قوائم سلوك المستخدمين وخياراتهم عند زيارة المواقع والصفحات المنتشرة بكثافة في بيئة الإنترنت(٥٠).

١ ـ الويب: معالجة معلوماتية

الويب عبارة عن مجموعة هائلة من الوثائق التي تترابط سوية عبر مرجعية شبكاتية. وترتكز آلية الترابط القائمة بين وثائقها على النص التشعبي، حيث تمارس لغة تأشير النص التشعبي دوراً حاسماً في ترميز وثائق الويب.

وتمتلك كل وثيقة ويب عنواناً يحدد موقعها ضمن النسيج المتشابك للويب يطلق عليه اصطلاح «محدد المورد العولمي» ('URL'= Universal Resource Locator). وتستخدم المستعرضات هذا العنوان لطلب الوثائق من الخوادم التي تستضيف الوثائق في مستودعاتها الرقمية. ويطلق اصطلاح صفحة الويب على وثيقة الويب مرتبطة مع عنونتها الشبكاتية «URL».

ولغرض التمهيد لعملية استعراض محتوى صفحة الويب، وتطابق الكلمات المفتاحية المستخدمة لوصف الوثيقة، والتعامل معها، تعتمد سلسلة من المعالجات الرقمية الأولية على مادتها:

ـ ترمّز الوثيقة من طريق إزالة إشارات الترقيم كافة، وتعامل سلاسل الحروف (بعد استبعاد الفراغات المقيمة فيما بينها) بوصفها رموزاً تمثل كلمات أو اصطلاحات.

ـ تحوّل جميع الحروف في الوثائق إلى صيغة موحدة.

ـ تقلّص الكلمات إلى جذورها الأصلية بعد أن تستبعد اللواصق عن بنيتها اللغوية، لتمهد الطريق أمام البحث عن مجمل البنى الصرفية التي تحتملها الكلمة.

---

(٥٠) Jaideep Srivastava, Prasanna Desikan and Vipin Kumar, «Web Mining: Concepts, Applications and Research Directions,» Department of Computer Science, University of Minnesota, Minneapolis, USA (2003).

ـ يطلق على الكلمات الشائعة، والعبارات، والبنى اللغوية التي يكثر استخدامها في الوثيقة، مع عدم حملها معانيَ بيّنة، أو لا تسهم في تمييز الوثيقة من بقية الوثائق اصطلاح «كلمات الوقوف» (Stop Words). بصورة عامة، يتم التخلص من هذه الفقرات لعدم وجود حاجة إليها في عمليات البحث، والاستعراض التي يمارسها المستخدمون على مواقع الويب.

ـ بعد عمليات التنقية والإزالة المتكررة على محتويات وثيقة الويب لا يتبقى لدينا سوى مجموعة متناثرة ومتنوعة من الكلمات يطلق عليها اصطلاح «جسد النص» (Text Corpus)، الذي يشكل التمثيل المفاهيمي الذي يسود صفحات الويب المنتشرة على الإنترنت.

٢ ـ معالجات التنقيب في صفحات الويب

ترتكز عمليات التنقيب في صفحات الويب على المبادئ ذاتها التي تسود عملية التنقيب في البيانات، بيد أن هناك ثمة اختلافات تفرضها الخصائص الفريدة التي تتسم بها وثائق الويب، والمعمارية المعلوماتية التي تتميز بها من الوثائق الرقمية التقليدية[٥١].

بصورة عامة، تستغرق عملية جمع واستقصاء بيانات صفحات الويب مدة ليست بالقصيرة، ربما تمتد من أسبوع، إلى شهر، أو تتجاوز في بعض الأحيان مدة عام. ومتى توافرت بيانات الويب التي نروم سبر محتواها بواسطة نهج التنقيب، يتوجب علينا أن ننتهج الخطوات الآتية:

أ ـ المعالجة الابتدائية لبيانات الويب

لا تكون البيانات التي جمعناها من مواقع الويب مهيئة لعمليات التنقيب ما لم تمارس عليها سلسلة من المعالجات الابتدائية. فقد تسود بعض عناصرها العشوائية، أو النقص، أو التكرار، أو غياب الوضوح لجزء منها. من أجل هذا تكون عملية المعالجة الابتدائية مهمة لضمان تنقية موارد البيانات من الشوائب، وحذف المكرر منها، وسد مواطن النقص في بعض أجزائها. يضاف إلى ذلك تحديد أمور أخرى ذات صلة بمسائل (والتي تمارس دوراً جوهرياً في عملية التنقيب) تخص: هوية المستخدم، الجلسة التي تولدت عنها هذه البيانات، ومسار الوصول اليها، ومسائل تقنية أخرى.

(٥١) المصدر نفسه.

ب ـ اكتشاف الأنماط من بيانات الويب

تعد الأنماط السائدة في بيانات الويب مؤشراً مهماً يمنحنا أكثر من فرصة لفهم معمّق بالخطاب الذي يسود البيانات، وهوية المعلومات التي تنقلها، ومستوى الخلاصة المعرفية التي تستوطن مادتها. وتستخدم مجموعة متنوعة الخوارزميات التي تجرى خلالها سلسلة من معالجات: التقسيم، والتجزئة، واكتشاف قواعد الترابط، وتحديد النمط المتتابع/السردي، على التوازي مع إعداد أنموذج بيان النمط الذي يسود البيانات.

ج ـ تحليل أنماط بيانات الويب

يرتبط هذا الأسلوب من المعالجة بطبيعة النمط الذي نروم التنقير عن حضوره في بيانات الويب في ضوء البيانات التي حصلنا عليها من خوارزمية اكتشاف النمط السائد. وتهدف عملية التحليل إلى تشكيل عناصر أنموذج يصف النسق المفاهيمي السائد في مادة هذه البيانات. وتتألف مادة الأنموذج من مجموعة قواعد معرفية، وحقائق استنبطت من عملية التحليل، تدعمها وصلة طرفية للمستخدم يمكنه من خلالها تشكيل وصف مرئي لكل حالة من الحالات تمهيداً لصناعة قرار بشأن كل حالة من هذه الحالات.

٣ ـ أساليب التنقيب في صفحات الويب

يمكن تقسيم الأساليب السائدة في حقل التنقيب في مواقع الويب إلى ثلاثة محاور أساسية بناء على نوع البيانات التي تمارس عليها عمليات التنقيب وخوارزمياتها المحوسبة[٥٢]:

أ ـ المحور الأول: التنقيب في هيكلة الويب

وتُعنى عمليات التنقيب في هذا المحور بممارسة سلسلة من عمليات «التنقيب في هيكلة مكونات صفحة الويب» (Web Structure Mining)، وارتباطاتها التشعبية. وبواسطة هذه العملية يمكننا اكتشاف أنموذج هيكلة الارتباطات التشعبية لصفحات الويب، وتساعدنا، في الوقت ذاته، على تبويب الارتباطات، وتحديد معالم العلاقات

(٥٢) Zdravko Markov and Daniel T. Larose, «Data Mining the Web: Uncovering Patterns in Web Content, Structure, and Usage,» Wiley-Inter- Science, A John Wiley and Sons, Inc., Publication (Canada) (2007).

التي تربط في ما بينها من خلال تحليل عناصر طوبولوجيا الارتباطات التشعبية. ويمكن بلوغ ذلك بتطبيق تقنية «مراتبية صفحة الويب» (Page Rank)، و«تحليل الارتباطات التشعبية» (Hyperlink Analysis).

ويمكن تقسيم العمليات السائدة في هيكلة الويب (على أساس هيكلة المعلومات المستخدمة) إلى قسمين:

- **القسم الأول: الارتباطات التشعبية:** «الارتباط التشعبي» (Hyperlink) عبارة عن وحدة هيكلية تقوم بعملية ربط موقع منتخب من صفحة ويب مع موقع آخر، في الصفحة ذاتها، أو في صفحة ويب أخرى. ويطلق على الحالة الأولى: «ارتباط تشعبي داخلي» (Intra-document Hyperlink)، بينما يطلق على الحالة الثانية: «ارتباط تشعبي بين الوثائق» (Inter-document Hyperlink). وتقوم عملية التنقيب في تتبع مسارات الارتباطات التشعبية داخل حدود الوثيقة ذاتها، وارتباطاتها بوثائق أخرى.

- **القسم الثاني: هيكلة الوثيقة:** تتم «هيكلة محتوى صفحة الويب» (Document Structure) على شكل شجرة هيكلية ترتكز في بنيتها على شعارات لغة تأشير النص التشعبي. وتسعى عملية التنقيب إلى ممارسة سلسلة من عمليات الاستخلاص الآلي لكيانات الأنموذج المعياري لوثيقة الويب وتحليلها بعيداً عن محتوى وثيقة الويب.

ب ـ المحور الثاني: التنقيب في محتوى الويب

وتُعنى عمليات التنقيب في هذا المحور «Web Content Mining»، بتحليل محتوى وثائق الويب والمعلومات التي توفرها للمستخدم، مع السعي إلى استخلاص عصارتها المعرفية، وتصنيف محتويات مواقع الويب بحسب فئات الكلمات والاصطلاحات الواردة فيها. ولا تقتصر عناية عملية التنقيب على نصوص الوثيقة، وإنما تتوجه نحو معالجة الصور، والوسائط المتعددة، والسجلات المهيكلة (مثل: القوائم والجداول) لاستخلاص أنماط ارتباطاتها مع مكونات وثيقة الويب، وتصنيفها بحسب المحتوى.

ج ـ المحور الثالث: التنقيب في استخدام الويب

ويعنى هذا الأسلوب من عمليات التنقيب «Web Usage Mining» بالكشف عن أنماط الاستخدامات التي تسود مواقع الويب، وبيان طبيعة سلوك المستخدمين نتيجة لتفاعلهم مع مادة المحتوى، وحجم دخولهم إلى مختلف مواقع الويب. وتوفر بيانات الاستخدام هوية ومصدر مستخدمي مواقع الويب، جنباً إلى جنب، مع سلوك التصفح الذي يمارسه المستخدمون داخل حدود بيئة الإنترنت. ويمكن تقسيم عمليات التنقيب في موارد استخدام الويب، على أساس بيانات الاستخدام الى:

بيانات خادم الويب: يتم من خلالها تجميع قوائم المستخدمين بواسطة خادم الويب. وتتضمن هذه القوائم بيانات: «عنونة بروتوكول الإنترنت» (IP Address)، ومرجعية صفحة الويب، ووقت الدخول.

بيانات خوادم التطبيقات: يتم من خلالها تجميع بيانات الدخول إلى التطبيقات، التي تتوافر في خوادمها المنتشرة هنا وهناك ضمن البيئة الشبكاتية للإنترنت.

بيانات مستوى التطبيقات: يتم من خلالها انتقاء أحداث محددة وتتبع مسارات قوائمها المتوافرة في الخوادم.

وتكاد تشترك عمليات التنقيب في استخدام الويب بسيادة العمليات الآتية فيها:

ـ اكتشاف أنماط ذات دلالة واضحة من البيانات التي نشأت عن التخابر بين خادم المستخدم وخوادم أخرى.

ـ تحديد المواقع النمطية للبيانات.

ـ بيان طبيعة البيانات التي اختزنت في قوائم الدخول إلى الخوادم، وقوائم الإشارة إلى الخوادم، وقوائم العملاء الرقميين، وآثار حضور المستخدم فيها.

ـ صورة حضور المستخدم.

ـ تحديد معالم ومستوى حضور: البيانات الواصفة للبيانات، وخصائص صفحة الويب، وخصائص محتوى الصفحة، وبيانات الاستخدام. (انظر الجدول الرقم (٥ ـ ١٦)).

الجدول الرقم (٥ ـ ١٦)

فئات واختصاصات التنقيب في مواقع الويب

المرحلة	محاور التنقيب في مواقع الويب		
	التنقيب في محتوى الويب	التنقيب في هيكلة الويب	التنقيب في استخدام الويب
منظور البيانات	• بيانات شبه مهيكلة. • يعامل الموقع كقاعدة لبيانات.	هيكل الارتباط التشعبي.	السمة التفاعلية.
البيانات الأساسية	• وثائق النصوص.	هيكل الارتباط التشعبي.	• قوائم الخادم. • قوائم المستعرض.
التمثيل	• حزمة من الكلمات. • السمة العلائقية.	مخطط رسومي.	• جدول علائقي. • مخطط رسومي.
النهج	• خوارزميات الملكية. • قواعد الترابط.	خوارزميات الملكية.	• تحليل إحصائي. • تعلّم الآلة. • قواعد الترابط.
فئات التطبيقات	• التجزئة. • التقسيم الفئوي. • إيجاد قواعد الخلاصة. • إيجاد الأنماط بالنصوص.	• التقسيم الفئوي. • التجزئة والتقسيم.	• إنشاء الموقع. • التكيف والإدارة. • التسويق. • أنموذج المستخدم.

المصدر: R. Jain and G. Purohit, «Page Ranking Algorithms for Web Mining,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 13, no. 5 (January 2011).

٤ ـ تطبيق التنقيب في مواقع الويب على المجال الإسلامي

لغرض الوقوف على الدَّور الَّذي يُمارسه المسلم المعاصر في المنظومة المعرفيَّة لشبكة الإنترنت؛ للوصول إلى إجابات بخصوص مسائل فقهيَّة محدَّدة، حاولنا تتبُّع مسارات أهمِّ مفردات فِقْه الصيام على الإنترنت، لتحْقيق غايتين: **الأولى،** تحديد ماهيَّة المعالجة التي ظَفِرت بها هذه المفْردة التعبُّديَّة بجميع تجلياتها على مواقع الإنترنت؛ **والثانية،** بيان خصائص خارطة مفردات الصِّيام المستوْطنة في البلدان العربيَّة، وما تمرُّ به من تغيرات خلال السَّنوات ٢٠٠٤ ـ ٢٠٠٩؛ وذلك لتوْفير مناخ مناسب لفقهاء الأمة ودعاتها في تحليل خارطة مفاهيم حضور المفْردات الإسلاميَّة على مواقع الإنترنت صناعة وتلقياً، والتَّمهيد لصوغ استراتيجيا شرعيَّة للتعامل مع النَّهج الرقمي الجديد السَّائد، لتلبية حاجات المسلم، من خلال توفير إجابات حاسمة عمَّا يدور في ذهنه من أسئلة، والحفاظ على ثوابت الشَّريعة عبر المراقبة الدَّائمة لما يدور في مواقع الإنترنت، بعيداً من الرقابة الَّتي بات من الضَّروري حضورُها الدَّائم؛ لتقْتفي آثار المعالجات التي يُمارسها بعضُهم على موارد الشَّريعة الغرَّاء، لحمايتها من التَّأويلات الفاسدة، والآراء الشَّاذَّة.

لضمان إنْجاح عمليَّة لمْلمة عناصر خارطة المفاهيم الشَّرعيَّة المستوطنة على مواقع الإنترنت بكثافة؛ سعينا إلى توظيف تقنية «التنقيب المعرفي» (Web Mining) التي تستعمل تقنيات حوسبة ذكية؛ للتنقير عن حضور المفردات داخل صفحات الويب، على وفق نسق مفهومي محدد(٥٣). وارتكزت عمليَّة التنقيب المعرفي إلى نسق مفهومي، قسِّمت من خلاله الفضاءات الرقميَّة لشبكة الإنترنت على محورين أساسيين(٥٤):

المحور الأول، مختلف أشكال مواقع الإنترنت التي تودع فيها النصوص الرقمية، أو تدور عليها النقاشات، أو تبسط على ساحتها المنتديات العربيَّة والإسلاميَّة.

المحور الثَّاني، سبْر مسارات عمليَّات البحْث عن النصوص الَّتي يُمارِسها المسلم من مختلف بلدان العالم، للوصول إلى إجابات سريعة وآنية لمسائل فقهيَّة تدور بخلَده.

(٥٣) حسن مظفر الرزو، «جغرافية الفضاء المعلوماتي،» **المجلة العربية للعلوم والمعلومات،** السنة ١٨، العدد ٢ (كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٣)، ص ١١٠ ـ ١٢٣.

(٥٤) حسن مظفر الرزو، «تحليل محوسب لمسائل فقه الصيام المستوطنة في مواقع الإنترنت،» **الفكر الحر،** العدد ٤٨ (تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٩).

وقد وقع اختِيارُنا في هذه الدِّراسة على مسألة الصيام، فحدَّدنا لها جُملة من المحاور التي انتُقِيت مفرداتُها بعناية بالغة (في ضوء المعالجات الفقهيَّة المطْروحة بأمَّهات الكتب الفقهيَّة حول مسألة الصيام)؛ لكي تمنحنا صورة واضحة المعالم عن مستوى الاهتِمام السَّائد في المحتوى الرقمي الإسلامي بِمحاور هذه المسألة وتفريعاتها(٥٥).

وقد آثرْنا اعتماد التقسيمات التي تبنَّاها الفقهاء في تقْعيد مادَّة فقه الصيام، ومسائله المتشعِّبة، فبرزت أمامَنا **أربعةُ** محاور أساسيَّة هي: **الأول**، الصائم؛ الثاني، صوم رمضان؛ **الثالث**، أحكام الصيام (واجب، أو مسنون، أو مستحب، أو نافلة، أو مكروه، أو محرم)؛ و**المحور الرابع**، آداب الصيام وأسراره.

وقُمْنا بتتبُّع مفردات المحاور الأرْبعة على شبكة الإنترنت، ثمَّ عمدنا إلى تحديد حجْم حضور كل منها على صفحات الويب، وقد صنفت المواقع إلى مجموعة من المستويات الرئيسة والثَّانويَّة؛ لضمان استيعاب جَميع الصفحات المنتشِرة على الإنترنت، ولتحديد معالم المعالجات المفاهيميَّة التي يُمارسها المسلم المعاصر على عناصر هذه المسائل، وبمختلف تشعُّباتها.

وقد شملت المواقع التي تناولتْها الدراسة: صفحات الإنترنت، والمواقع الإسلاميَّة، ومواقع الأخبار، والمدوَّنات، والمنتديات، والصور، ثم قسِّمت المواقع الإسلاميَّة إلى: مواقع إسلاميَّة عامَّة، ومواقع دعويَّة، ومواقع تُعْنى بالسنَّة النَّبويَّة، ومواقع أئمَّة العلم الشَّرعي والدُّعاة، ومواقع شبكات إسلاميَّة، ومواقع مكتبات إسلاميَّة، ومواقع تُعْنى بالقرآن وعلومه، ومواقع تودع فيها الفتاوى، ومواقع شيعيَّة، ومواقع إذاعات إسلامية، ومواقع مجلات إسلامية، ومواقع تُعْنى بجمع الحديث النبوي، وأخرى خصصت لنصْرة النبي الكريم (ﷺ) ـ ومواقع تُعْنَى بمسائل الإعجاز العلمي، وأخرى تعالج مسائل المرأة، وأخيراً، مواقع لعدد من المساجد الإسلاميَّة.

أما البحث في منتديات الإنترنت، فقد شمل: مواقع المنتديات الإسلاميَّة، ومواقع منتديات عامَّة، ومواقع اقتِصاديَّة، وأخرى نفسيَّة، ومواقع لمنتديات المرْأة، ومنتديات الحاسوب، ومنتديات علميَّة، وأُخْرى تعليميَّة، ومنتديات طبِّيَّة، ومنتديات متنوِّعة لا يجمعها قاسم مشترك.

---

(٥٥) أبو الفضل عياض بن موسى بن عياض اليحصبي السبتي، **الإعلام بحدود قواعد الإسلام**، تحقيق محمد صديق المنشاوي (القاهرة: دار الفضيلة، ٢٠٠١).

وقد أدرجت مستوى تكرار المفردات الخاصَّة بكل محور من محاور مسائل الصيام على كل من مواقع الإنترنت، والمواقع الإسلاميَّة، والمنتديات، والمدوَّنات، والمواقع الإخباريَّة، ومستودعات الصور، خلال عمليَّة البحث التي أجريت على مواقع الإنترنت خلال الأعوام ٢٠٠٤ ـ ٢٠٠٩.

بداية؛ إذا طالعنا بيانات الجدول الرقم (٥ ـ ١٧) نجد أن مفردات المحور الَّذي يعنى بالمسائل التي تخص الصائم هي الأوفر حظّاً بالذكر في مواقع الإنترنت، والمواقع الإسلاميَّة، والمدوّنات، والمنتديات.

الجدول الرقم (٥ ـ ١٧)

تفاصيل مفردات الصيام المنتشرة على مواقع الويب
(بحسب ورودها في المواقع)

المحور	تكرار ورود المفردات الموضوعية في صفحات الويب					
	الإنترنت	مواقع إسلامية	مواقع أخبار	المدونات الرقمية	المنتديات الإلكترونية	مستودعات الصور
الصائم	٥,٠٩٦,٧٧٦	٦٢٩,٨٥٢	٧,٦٨٤	٢٦٩,٠٩٨	٢٥٧,٩٩٤	٣٩٠
صوم رمضان	٤,٠٨٢,٨٦٦	٢٢٣,٨٨٩	٣٧,٩٤١	٢٥٨,٧٣٥	٢١١,٥٦٢	٩,٧١٣
أحكام الصيام	٢,٢٦٥,٥٠٧	٢٣٧,١٥٥	٧,٠٦٩	١٢٢,٥٩٢	١١٨,٣٣٢	٤٠٨
أسرار الصيام وآدابه	١٢٩,٧٧٩	١٣,٣١١	١٧٨	٨,٤٤٧	٥,٥٩٢	١٥

ويمكن أن يعزى هذا الأمر إلى وجود اهتِمام كبير تُوليه شريحةٌ واسعة من مستخدمي الإنترنت في تتبُّع أهم المسائل التي تخص تفاصيل سلوك الصائم، أمَّا أسرار الصيام وآدابه فلم تلْقَ عناية كافية لدى المسلم المعاصر الذي بات أشدَّ التصاقاً بالواجبات الشَّرعيَّة منه بالآداب ورقائق العبادات.

أمَّا إذا حاولنا قراءة البيانات الموجودة في الجدول الرقم (٥ ـ ١٨)، فسنجد أنَّ كلاً من المواقع الإسلامية العامَّة ومواقع الدَّعوة هي الأكثر ازدحاماً بصفحات الويب التي تناقش فيها مسائل الصيام، تأتي بعدها مواقع الشيوخ والمكتبات الإسلامية التي حفلت بنصوص وكتب نوقشت فيها هذه المسائل. ويلاحظ أنَّ الاهتمام يتناقص من محور الصائم، ثمَّ صوم رمضان، فأحكام الصيام، ويكاد يغيب في مواقع مختلفة بمحور أسرار الصيام وآدابه.

أمَّا بيانات الجدول الرقم (٥ ـ ١٩)، فتظهر وجود اهتمام كبير بمفردات محاور الصيام في المنتديات العربيَّة المختلفة، التي يغذِّيها خاصَّةُ المسلمين وعامَّتهم بنقاشاتهم ومساجلاتهم الفقهية، ويظهر في المنتديات تفوُّق اهتمام روَّادها بمسائل شهر رمضان، وأحكام الصيام، في حين بقيت مفردات أسرار الصيام الأقل حضوراً، مع زيادة طفيفة عمَّا هي عليه في المواقع الإسلامية.

أما إذا أردنا أن نتتبع مواطن الاستعلامات عن مفردات الصيام، فيمكننا مراجعة الجدول الرقم (٥ ـ ٢٠) حيث تبرز أمامنا المراتب العشر الأول للدول التي بحث المسلمون فيها عن مفردات مختلفة، توزعت على محاور الصيام المنتخبة. ويبدو واضحاً أنَّ المواطن الليبي من أكثر المسلمين توظيفاً لمحرِّكات البحث على الإنترنت للحصول على إجابات عن مسائل الصيام، في حين تتقاسم دول عربيَّة أخرى المراتِب التسع في موضوعات الصيام المختلفة.

أمَّا الجدول الرقم (٥ ـ ٢١)، فيظهر لنا نسب البحْث عن مسائل الصيام خلال الأعوام ٢٠٠٤ ـ ٢٠٠٨، إذ يلاحظ وجود نمو كبير في عمليَّات البحث عن مسائل الصيام، خلال هذه المدَّة الزمنيَّة، وفي موضوعات الصيام ومسائله جميعها، الأمر الذي يؤكِّد تزايُد الوعي الفقهي لدى المسلم المعاصر، ورغبته في معرفة المزيد عن مسائل ديننا الحنيف من خلال المعلومات المطروحة على مواقع الويب المختلفة.

لقد أظهرت مخطَّطات المفاهيم للآراء ذوات الصِّلة بمنظومة فقه الصيام ومسائله وجود أكثر من فرصة خصْبة لتتبُّع مسارات الخِطاب الإسلامي على الإنترنت، وتحليله، والوقوف على الفجوات المعرفيَّة السَّائدة بين مفرداته، كما أنَّ تحليل هذه المخطَّطات خلال مدَّة زمنيَّة محدَّدة سيوفِّر معلومات مهمَّة تسْهِم في دعْم القيادات الإسلاميَّة في تحديد الإطار العام للخطاب المطلوب عرْضه على ساحة المتغير الإسلامي؛ لإزالة الإشكاليَّات، وانتشال الأمَّة من المآزِق المعرفيَّة التي قد تمرُّ بها طائفة من أفرادِها، والسَّعي نحو توجيه خطابِهم إلى ما فيه نفْع للأمَّة. ومن المعلوم أنَّ شبكة الإنترنت ومواقعَها التي شرّعت أبوابَها لكلِّ مَن يريد أن يُضيف إليْها ما يريد، منحت شريحة من أشْباه الفقهاء سبيلاً سائغة ميسَّرة إلى عرض آرائهم، بقطع النظر عن صحَّتها وبطلانها، وهو أمر خطير للمسلم الَّذي لم تتوافر لديْه فرصة التَّمييز بين الغثِّ والسَّمين مما يعرض أمامه من أقوال تخص المسائل الفقهيَّة، فتتشكَّل لديْهِم مبادئ فقهيَّة (على حدِّ فهمهم لما تجمَّعت بين أيديهم من أقوال في هذه المواقع)، من دون أن تنضبِط بحقائق شريعتِنا التي كشفت عنها علومها، ودلَّت عليْها نصوصها المباركة.

الجدول الرقم (٥ ـ ١٨)

تفاصيل المفردات الموضوعية للصيام بحسب أصناف مواقع الويب

المحور	أصناف مواقع الويب															
	مواقع عامة	مواقع دعوية	مواقع سنة	مواقع شيوخ	شبكات إسلامية	مكتبات إسلامية	مواقع قرآن	مواقع فتاوى	مواقع شيعة	مواقع إذاعية	مجلات إسلامية	مواقع حديث	مواقع نصرة النبي	مواقع إعجاز علمي	مواقع المرأة	مواقع مساجد
الصائم	٧٩١٦٨	٧٧٧٨٢	١٨٨٤٢	٣١٩٠٨	١٥٩٨٠	٣٠٧٩٨	٣٨٣٦	١٢٦٢٠	٢٤٦٤	١٩٧٢	١٠٠٩٦	٢٨٩٢	٦٢٢	١٠٣٤	٣٧٨٦	١٦٨٨
صوم رمضان	٤٣٢٩٣	٤٣٣٣٤	٨٣٠٢	١٦٧٢٣	١٤٤٥٥	٧٣٨٩	٢٩٩٨	١٩٢٠	١٤٤٦	٩٩٣	٣١٠١	٣٩٧٠	٢٧٢	٢٦١	٦٤٤	٢٩٥٨
أحكام الصيام	١٧٩٦١	١٢٠٢٩	٢٣٨٨	١٤٦٥	٣٣٠٦	٧٢٧٦	٨٠٨	٢٤٣٢	٥١٥	٢٣٧	٨٣٠	٨٢٣	١٧٣	٢٥١	٦٠١	٢٢٧
أسرار الصيام وآدابه	٦٨	٣٤	٤	٠	١٥	٩	١٦	٦	٠	٠	٤	٠	٠	٠	٠	١

الجدول الرقم (٥ ـ ١٩)

تفاصيل مفردات الصيام المنتشرة في المنتديات الرقمية المختلفة

المحور	أصناف المنتديات الرقمية										
	إسلامي	عام	اقتصادي	نفسي	المرأة	ثقافي	حاسوب	علمي	تعليمي	طب	أخرى
الصائم	١١,٠٣٥	٥,٣٣٤	٣٢٤	١٩	١,٣٨٧	١٤٩	٢٤٣	٣١١	٢٣٦	١٣	٢٧٨
صوم رمضان	٣٤,٤٢١	٥١,٤٧١	١,٦٨١	٩٨	٢,٧٣٠	٣,١٩٠	١,١٩٠	٣,٧٢٢	٢,٣٩٣	٣٥	١٧٩
أحكام الصيام	١١,٩٥٤	١١,٥٤٤	١,٢١٦	٧٤	٤٨٨	٢١٨	٤٢٠	١٨١	١,٣٠٦	٢٠	٢,٠٢٨
أسرار الصيام وآدابه	١,٢٤٥	١,٤٢٠	٢٩	٥	٥١	٢	٣٨	٨	٢٨	٢	٣٧

الجدول الرقم (٥ ـ ٢٠)

مراتب الدول بحسب حجم الاستعلامات عن مفردات الصيام

المحور	مراتب الدول الإسلامية									
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الصائم	ليبيا	البحرين	عُمان	فلسطين	الأردن	اليمن	مصر	الكويت	السودان	السعودية
صوم رمضان	عُمان	البحرين	السودان	الأردن	ليبيا	اليمن	الكويت	تونس	فلسطين	مصر
أحكام الصيام	عُمان	الأردن	الكويت	البحرين	مصر	فلسطين	السعودية	الامارات	الجزائر	قطر
أسرار الصيام وآدابه	ليبيا	عمان	قطر	البحرين	الكويت	مصر	الأردن	السعودية	الجزائر	فلسطين

الجدول الرقم (٥ ـ ٢١)

نسب البحث السنوية عن مسائل الصيام على مواقع الويب
خلال الأعوام ٢٠٠٤ ـ ٢٠٠٨

(الأرقام بالنسبة المئوية)

المحور	٢٠٠٤	٢٠٠٥	٢٠٠٦	٢٠٠٧	٢٠٠٨
شهر رمضان	١٨,٦	١٧,٧	١٥,٣	٢٥,٤	٢٣,٠
الصوم	١٩,٥	١٦,٦	١٥,٦	٢٣,٠	٢٥,٣
أحكام الصيام	٢,٣	١٤,٠	١٥,٢	٣٣,٩	٣٤,٥
زكاة الفطر	٢,٢	١٦,٩	١٩,٩	٣٠,٩	٣٠,١
الفطر	١٢,٨	١٢,٨	١١,٢	٢٨,٨	٣٤,٤
عيد الفطر	١٤,٠	١٥,٥	١٠,١	٢٦,٤	٣٤,١

من أجل هذا؛ فهُناك مهمَّة خطيرة ملْقاة على عاتِقِنا، تفرض علَيْنا تحليل الخطاب الإسلامي على الإنترنت، وتتبُّع مساراته على صعيد النَّصِّ المودع على مواقع الويب، وعمليَّات البحث التي تمارس على المواقع.

ويمكن أن نوضِّح كيفية استِثْمار نتائج عمليَّات التنقيب في مواقع الويب، على صعيد الخطاب الإسلامي، بما يأتي:

• إنَّ حجم حضور مفردات الصِّيام على الإنترنت يوفِّر لنا صورة واضحة المعالم عن حجْم الاهتمام بهذه المسائل، وطبيعة الفجوات المعرفيَّة السَّائدة في بعض جوانبها، فيدفعنا نحو سدِّ الفجوات بمعالجات فقهيَّة متعمِّقة.

• يمكن من خلال تحديد حجم حضور مسائل الصيام على المواقع الإسلامية معرفة ما تُمارسه كلُّ شريحة من شرائح المجتمع الإسلامي في معالجة هذه المسائل، وهل أنَّ الخطاب المعروض متَّزن؟ أم أنَّ المعالجات قد تركَّزت في محور دون آخَر؟ لكي نحدِّد أسباب تغير مسارات الاهتمام، ونعاود توجيهها بما يخدم الخطاب الفقهي للمسألة.

• إذا وجدْنا إقبالاً كبيراً من المسلمين في أحد الأقطار نحو التَّنقير عن مسائل محدَّدة، فيمكن أن يعد مثل هذا الأمر مؤشراً على عدم نهوض علماء البلد بِمهمَّتهم تجاه توعية المواطن بفِقْه الصيام، أو أنَّ هذه الظَّاهرة تعد مؤشراً على بروز صحوة فقهيَّة في اتجاه محدَّد.

• يمكن للغة البحث عن مسائل الصيام أن تمنحنا فرْصة كافية للتَّفكير بتوْفير خطاب فقهي بلغات غير العربيَّة؛ لدَعْم سعْي المسلمين في أقْطار إسلاميَّة أخرى إلى التفقُّه بمسائل أفرزتْها بيئتهم.

• تعدُّ نسب النُّمو في البحث عن مسائل الصيام مؤشراً مهمّاً لتحْديد ما يجول في خاطر المسلم المعاصر، وهل أن حاجات الباحث على الإنترنت تقع ضمن دائرة مقاصد الشريعة الحقَّة؟ أم أنَّ هناك أموراً طارئة قد فرضتها، تتطلب منَّا معالجات آنية، أو بعيدة المدى؛ لتجاوز العقبات، والحفاظ على الخطاب الفقهي من التغيير؟

الفصل السادس

النُّظُم الخبيرة وفرص تفعيلها في دائرة التطبيقات الإسلامية

مقدمة

في البداية، ركزت اهتمامات علوم الحاسوب على إكساب آلته قدرة فائقة على التعامل مع الأرقام تجاوزت به عتبة البعد الزمني المألوف لإجراء سلسلة من الحسابات المعقدة بالطرق الشائعة، فتبوأ بذلك مكان الصدارة في ميدان التعامل مع الأرقام. ثم جاءت المرحلة الثانية فاتجه العاملون في نظم الحاسوب نحو التعامل مع الرموز والعلاقات المنطقية للتمثيل الرمزي تمهيداً لإكسابها قدرة إضافية في حل المسائل الرياضية والمنطقية.

ثم برزت أساليب وتقنيات «الذكاء الاصطناعي» (Artificial Intelligence) لتهذيب ومؤازرة القدرة الحسابية المتاحة للحاسوب عن طريق محاكاة بعض وظائف الذهن البشري على صعيد «حل المسائل والإشكاليات» (Problem Solving)، وإدراك الناقص، والتعويض عن المحذوف، واستنتاج العلاقات والمفاهيم، والحقائق التي تكمن وراء البيانات، ثم الوصول إلى مرحلة توقع ما توحي به هذه البيانات والتنبؤ بنتائجها.

إذن، لم يعد مفهوم اعتماد مبدأ انتشار قواعد البيانات العملاقة، وآلية المعالجة التي تستند إلى قواعد المعلوماتية كافياً لتجاوز العقبات التقنية التي تفرضها الحاجات الجديدة، وبات واضحاً لجميع العاملين في هذا المضمار ضرورة توافر عنصر جديد، أرقى من أكداس المعلومات، وقواعد البيانات العملاقة. نعم، إنها الحاجة الماسة إلى حكمة الكائن البشري ومعارفه التي استمدها عبر رحلة طويلة وشاقة أكسبته خبرة عميقة في حل المشاكل، وطرح جملة من الحلول التي تساعده على تجاوزها، ثم كيفية الموازنة بين هذه الحلول بمعيار دقيق، قبيل صناعة قرار رشيد.

وهكذا برز إلى ساحة علوم الحاسوب مفهوم «قاعدة المعرفة» (Knowledge Base) التي تحوي بين جنباتها جملة من المعارف والمفاهيم القابلة للاستثمار بدلاً

من البيانات الصماء، تدعمها مجموعة من القواعد المنطقية الحاكمة، والتي أضحت تشكّل مورداً مهماً لفرع هندسي جديد أطلق عليه «هندسة المعرفة» (Knowledge Engineering). فحلّت قاعدة المعارف محل قواعد المعلومات بوصفها وعاءً يستوعب عناصر المعرفة، مع مجموعة من القواعد المنطقية التي تسهم في عملية صنع القرارات. وحل «النظام الخبير» (Expert System) بصفته وليداً بكراً لهندسة المعرفة أرسيت من خلاله حقيقة الاعتقاد بأن المعرفة باتت موضوعاً يمكن أن يدين للمنطق الهندسي الذي عكف على صوغ أنموذج الإدراك بمعيار رياضي ومنطقي دقيق، لسبر الشبكة الدلالية، ومخططات المفاهيم، وتقنيات حل المشاكل، وآلية الاستدلال المنطقي، وغيرها من المسائل.

تتميز «النظم المرتكزة على المعرفة» (Knowledge-based Systems) بقدراتها الفريدة على توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي، والتي تدير دفة أنشطتها بواسطة الاستخدام المكثف لموارد المعرفة في حل الإشكاليات التي يفرزها الواقع، ودعم قدرة المرء على صناعة قرارات رشيدة، وتعميق حصيلته المعرفية، ومهاراته، وخبراته.

ويتألف لباب هذا النمط من النظم المعرفية من مركبتين أساسيتين: **الأولى،** قاعدة معرفية تتألف مادتها من مجموعة من الحقائق، وشبكة من القواعد، والاطارات، والإجراءات؛ و**الثانية،** آلة استدلال تنهض بمهمة توظف عناصر المحتوى المعرفي للمركبة الأولى في التعامل مع المسائل التي يطرحها الواقع، وتوجيه الحصيلة المعرفية للحقائق، وتنفيذ القواعد المنطقية، وقولبة مادة الإطارات، باتجاه صناعة قرار رشيد.

ويعد النظام الخبير مثالاً حيّاً على هذا النمط من النظم المعرفية التي نشأت في البيئة المحوسبة الذكية التي شاع استخدامها في مجالات تطبيقية متعددة.

أولاً: المعرفة: تعريفات واصطلاحات

سبق أن تناولنا المعرفة من جوانب متعددة حيث تركز اهتمامنا بها (في فصل سابق) على أساس النسق المفاهيمي الذي يعالج ثلاثية: البيانات، والمعلومات، والمعرفة. وكان معيار تمييزها من غيرها مرتبطاً بالمحتوى حيث استقرت في حينها على قمة هرم القيمة المضافة، على مستوى المحتوى، ومستوى القيمة المضافة التي تتمتع بها مقارنة ببقية عناصر الثلاثية المعلوماتية. أما الآن، ونحن نقيم في بيئة من نمط جديد تستأثر به هندسة المعرفة وتطبيقاتها، فلا بد من أن تبرز للمعرفة معانٍ جديدة في حدود

الفهم الهندسي لمادتها، وطبيعة المهام التي يمكن أن تمارسها في فضائه المفاهيمي والتقني.

من أجل هذا، فليس بمستغرب أن تتغير حدود المفهوم بجانبيها العام والخاص، ويعبّر عنه بحصيلة خبرة ومهارات ترقى بقدرات كيان (فرد/ مؤسسة) على ممارسة أنشطة فاعلة تمتلك قيمة مضافة على المستويين المعرفي والاقتصادي.

ويمكن أن نوغل بتحليل المصطلح في ظل خطاطة هندسة المعرفة وتوجهاتها ليشمل:

ـ حالةً ذهنية تعبّر عن مستوى معرفتنا بهوية الكيانات التي تحيط بنا، وفهم طبيعة العلاقات التي تربط في ما بينها.

ـ كينونةً مادية، أو متخيلة تعبر عن مجموعة عناصر يمكن اختزانها، وإجراء معالجات محوسبة على مضامينها.

ـ عمليةً أو نمطاً من أنماط المعالجة الخبيرة و/ أو الماهرة التي تمارس على مفردات الواقع.

ـ حالةً أو ظرفاً يولّد القدرة على الوصول إلى محتوى معرفي، ومعالجته، وتعديله.

ـ قدرة المرء وتضلّعه بممارسة فعل مؤثر في البيئة التي يقطن فيها.

وتُظهر المراجعة الدقيقة لخطاطة هندسة المعرفة، انضواء هذه التعريفات مجتمعةً ضمن حدود الممارسات التي تسود بيئتها. إذ إن هندسة المعرفة تتعامل مع الكيانات التي تقيم في دائرة الواقع وأدواته سبراً وتحليلاً، وتسعى جاهدة إلى الكشف عن طبيعة نسيج العلاقات الذي يربطها بعضها بالبعض الآخر كي تكون أكثر قدرة على تمثيل حضورها، وتسخير الأدوات التي تمتلكها لمعالجتها. وهي كينونة مادية، أو متخيلة برموز وصياغات رياضية/ منطقية يسعى مهندس المعرفة إلى استنطاق الواقع بمضامينها لكي يتمكن من التعامل معها بمعالجاته التقنية، مع توافر فرص لاختزانها، واسترجاعها متى ظهرت الحاجة إلى ذلك.

وهي نمط من أنماط المعالجة التي تمارس على الموارد المعلوماتية لتقطير الجزء الفريد من محتواها وتحويله إلى حصيلة يمكن استثمارها في صناعة قرارات رشيدة. وهي مستوى تقني، متى امتلكنا زمامه، فسنكون قادرين على سبر المحتوى

المعرفي الذي يستوطن مختلف مستويات الخطاب الإنساني، وتجليات نتاجاته المادية والثقافية.

وأخيراً هي معيار لمقدرة تتولد من حصيلة مهارات المرء وخبراته التي أفلح المرء ببلوغها بعد سنين طوال من المراجعات، والنقد، والتمحيص، وممارسة أنشطة وظفت فيها الخبرة لتغيير الواقع، والارتقاء به.

ونتيجة لذلك سيحصل تغيير آخر في دلالة عناصر التصنيف المعرفي وتراتبية مكوناتها، لتصبح:

«المعرفة الصريحة» (Explicit Knowledge) التي تعبّر عن ذلك الجزء من الحصيلة المعرفية التي يمكن نقلها بواسطة وصف رمزي، أو لغة برمجية، أو نسق رياضي/ منطقي، بحيث يمكن تناولها معالجة وتفسيراً بواسطة أدوات هندسة المعرفة، والآليات التي توظف في بيئتها.

أما «المعرفة الضمنية» (Tacit Knowledge) فتستوطن الممارسات، والخبرات، والمهارات التي يساهم بها المرء لحل إشكالية في حقل من الحقول، أو صناعة قرار. ويمكن التعبير عنها بمجموعة من القواعد المنطقية، أو المعالجات الذكية (مثل الشبكات العصبونية الاصطناعية، أو المنطق المضبّب، أو الخوارزميات الجينية) لتمثيل هذا النمط من الأنشطة المعرفية من خلال عناصره ذات الصلة بالنشاط الادراكي والنماذج العقلية، من جهة، والعناصر التقنية (نعرف كيف) والمهارات التي يمكن أن تستثمر بوصفها حصيلة مضافة إلى المعرفة الصريح، من جهة ثانية .

وعلى هذا الأساس سيتوافر بين أيدينا ست فئات من المعرفة التي تتعامل معها هندسة المعرفة ومهندسوها:

١ ـ «المعرفة البيانية» (Declarative Knowledge) التي تختص بجميع الأنشطة التي تلتحق بمعرفتنا بالشيء جوهراً، ووصفاً، وبياناً.

٢ ـ «المعرفة الإجرائية» (Procedural Knowledge) التي تختص بنهج يمارس وفق حصيلة معرفية تملي علينا هذا النهج دون سواه.

٣ ـ «المعرفة السببية» (Causal Knowledge) التي تختص ببيان الأسباب التي رجّحت توجهنا صوب قرار دون غيره، أو اعتماد نهج في المعالجة دون بقية المناهج التي تتوافر بين أيدينا.

٤ ـ «المعرفة الشرطية» (Conditional Knowledge) التي تختص ببيان طبيعة الشروط والحالات التي تصلح إزاء الالتزام بإجراء معالجة معرفية محددة.

٥ ـ «المعرفة العلائقية» (Relational Knowledge) التي تختص ببيان طبيعة العلاقات التي ينبغي حضورها لإنجاز ممارسة معرفية محددة.

٦ ـ المعرفة التي تهتم بتحليل جوهر المعرفة ومكونات عناصرها، ويطلق عليها «المعرفة بالمعرفة» (Meta-Knowledge).

ثانياً: هندسة المعرفة

انصبّت اهتمامات العاملين في مضمار الذكاء الاصطناعي، في بداياتها، على تطوير الأطر والخطاطة النظرية، والسعي إلى الارتقاء بقدرات آليات الاستدلال التي تسود نظمه المعرفية، مع التوجّه نحو تنويع أشكال الأدوات المستخدمة لدعم أداء النظم التي تقيم في بيئة الذكاء الاصطناعي التي تميزت بكونها ترتكز بكثافة على «المورد المعرفي».

توجهت هذه الجهود، في البداية، صوب تحقيق حلم طالما داعب أذهان روّاد هذا الحقل المعرفي، بإنشاء نظم ذكية، مبسطة، ترتكز هيكلتها على المتغير المعرفي، وتوظف هذا المورد، بكثافة، في إدارة الآليات التي تسري في كيانها، وتسيّر دقة أدواتها داخل حدود هذه البيئة المستحدثة(١).

لم تفلح هذه المحاولات في إنشاء منظومة تتلاءم مع متطلبات الجدوى الفنية والاقتصادية لقبول حضور الأفكار المبتكرة على أرض الواقع، فانكمش النشاط على ذاته، وقصر إنجازاته تحت مظلة العلوم النظرية، وتشكيل الأنساق الرياضية والمنطقية التي تستوطن مستودع المعالجات النظرية للفكر الإنساني.

وقد أسهمت النجاحات التي تحققت على صعيد إنشاء نظم برمجية تتسم بالشمول، وأخرى بدأت تتمتع ببعض سمات الذكاء البشري، في التمهيد لإعادة تشكيل الأطر التطبيقية للذكاء الاصطناعي، ودعم سعي العاملين في هذا المضمار في إنتاج نظم هندسية، شاملة، قادرة على تسخير المبادئ النظرية لهندسة المعرفة في إنتاج أدوات،

---

(١) Rudi Studer, V. Richard Benjamins and Dieter Fensel, «Knowledge Engineering: Principles and Methods,» *Data and Knowledge Engineering*, no. 25 (1998), pp. 161-197.

وتشكيل عناصر تؤلف مادة نظم ترتكز على المعرفة، وترسّخ جذورها في أرض الواقع حيث تبرز التحديات التقنية جنباً إلى جنب مع التحديات التي تفرضها آلة الاقتصاد على منظومة الأفكار وسلة الابتكارات التي يخترعها الذهن البشري.

تعدّ هندسة المعرفة جزءاً مهماً من منظومة الذكاء الاصطناعي، حيث يتركز الاهتمام (في رقعة نسقها المفاهيمي) على الأنشطة ذات الصلة باستخلاص العصارة المعرفية من طيف واسع من الموارد، اكتساباً، وتمثيلاً، واستدلالاً، وتثبّتاً، وتعليلاً(٢).

كانت ولادة الأسس المفاهيمية والمعالجات النظرية لهندسة المعرفة في السبعينيات من القرن العشرين، ثم بدأت بترسيخ بعض نجاحاتها التطبيقية في عقد الثمانينيات من القرن ذاته. وقد أسهمت التطورات المتلاحقة في بيئة البيانات والمعلومات وأدواتها الرقمية في دعم تطور هندسة المعرفة، ودعمت ولوجها في ميدان الحوسبة الذكية، حيث باشرت ببناء نظم برمجية تتسم بمستوى متقدم من الذكاء، بات قادراً على محاكاة جزء مهم من الخبرة البشرية العميقة، في ميادين معرفية متنوعة، ثم تحوّلت هذه النظم البرمجية تدريجياً إلى بيئة أشدّ تعقيداً وأكثر فاعلية باتت تعرف بـ «النظم الخبيرة»(٣).

تشمل العمليات التي تسود بيئة هندسة المعرفة مجموعة من المعالجات التي تتضمن اقتناص عناصر المعرفة، وتمثيلها، ووصفها بخطاطة رياضية ومنطقية، يمكن أن تدعم عملية استثمار مواردها، وتحويلها إلى صيغ وقواعد منطقية بحيث يمكن مراجعتها تدقيقاً واستدلالاً، قبل أن نعمد إلى ايداعها في هيكلة معرفية أكثر تعقيداً تحاكي في أدائها سلوك ذوي الخبرة والمعرفة العميقة.

١ ـ الدور الذي تمارسه هندسة المعرفة

بعد أن ازداد نضْج علوم الذكاء الاصطناعي، وتعمّق الدور الذي تمارسه النظم الخبيرة خلال العقدين الأخيرين، ترسّخ حضورها في تطبيقات متعددة، وحقول متباينة، وباتت تشكّل العمود الفقاري لمساحة واسعة من الأنشطة التي تستند إلى نظم تتسم بقدرات ذكاء محوسب.

(٢) Liya Ding, «The New Paradigm of Knowledge Engineering by Soft Computing,» World Scientific (Singapore) (2001).

(٣) Jay Liebowitz, «Knowledge Management: Learning from Knowledge Engineering,» CRC Press, USA (2001).

لقد أسهمت هندسة المعرفة في تقنين استخدام المعرفة، وتوفير بيئة رقمية قادرة على التعامل مع الموارد المعرفية، وطرحها للاستخدام من خلال النظم الخبيرة والخطوات الثماني التي أوردها كل من «لايبويتز» و«بكمان» (Liebowitz and Beckman) عند معالجتهما لمسألة إدارة المعرفة[٤]. وتشمل هذه الخطوات:

أ ـ تحديد الحقل المعرفي الذي نروم توظيف تقنياتنا الذكية لسبر موارده واستثمار حصيلته في أنماط مختلفة من السلوك الذكي.

ب ـ اقتناص عناصر المعرفة وصوغها ضمن هيكلة رياضية/ منطقية يمكن لآلات الحوسبة أن تتعامل معها على صعيد الإدخال، والمعالجة، والإخراج.

ج ـ انتخاب العناصر الأكثر أهمية، وتحديد القيمة المضافة التي تصاحب حضورها، ومستوى دقة المحتوى، وطبيعة العلاقات التي تربطها مع بقية العناصر، وإمكانية تجاوز التناقضات المحتملة التي يفرضها الواقع على مضامينها باختلاف الحالات.

د ـ اقتراح آليات مناسبة لتمثيلها بنهج منطقي أو رياضي محوسب، بحيث تتوافر أمامنا فرصة لإيداعها في «مستودعات المعرفة وقواعدها» (Knowledge Repository) مع بقية «مكونات خطاطات المعرفة» (Knowledge Schemata) المتوافرة بين أيدينا.

هـ ـ توافر بيئة رقمية داعمة لعمليات المشاركة في الموارد المعرفية بين المستخدمين، ووفق نهج محدد للأولويات، بحيث يكون المجال مفتوحاً أمام فرق العمل الافتراضية لاستثمار حصيلتها.

و ـ توسيع دائرة استخدام الموارد المعرفية واسترجاعها، ومعالجة مضامينها في صناعة القرارات، وتجاوز الإشكاليات والعقبات التي يفرضها الواقع، ودعم عملية أتمتة الجهد البشري داخل حدود المنظمات وخارجها.

ز ـ إنتاج معارف جديدة نتيجة المعالجات المتقدمة على الموارد المعرفية المتوافرة، أو ممارسة عملية البحث والابتكار العلمي، أو العصف الذهني.

ح ـ تسليع المعرفة، وتسويق المنتجات والخدمات التي ترتكز بكثافة على المورد المعرفي.

---

(٤) Studer, Benjamins and Fensel, «Knowledge Engineering: Principles and Methods».

لقد تزايد الاهتمام بالنظم الخبيرة بعد أن أثبتت نجاحاً ملموساً في تحقيق قيمة اقتصادية مضافة في كثير من مجالات تطبيقاتها، وأضحت قادرة على صناعة قرارات رشيدة، ومنح مستخدميها فرصة تجاوز العقبات التقنية واللوجستية من خلال الحلول التي توفرها للمستخدمين.

وهنا يبرز دور مهندس المعرفة في انتزاع الخبرة من خبراء الحقل الذي يعمل عليه، وتحويلها إلى سلسلة من القواعد المنطقية الموجهة إلى صناعة القرار، ومجموعة من المبادئ والأسس التي يمكن اعتمادها والاستئناس بمضامينها عند صناعة قرار، أو معالجة مسألة تطرح للنظام الخبير في حدود حقل اختصاصه[٥].

وقد نجحت هندسة المعرفة في ربط أكثر من حقل معرفي بواسطة مجموعة متنوعة من النظم الخبيرة، التي تتسم بتعقيد بنيتها المعرفية، وتطوّر أدوات معالجاته المنطقية والرياضية»، بحيث تكون قادرة على معالجة مسائل تمتد على فضاء معرفي متعدد الأبعاد، مستثمرة عنصر التكامل بين مفرداته المعرفية لصناعة قرار صائب من مجموعة مدخلات ربما يوحي ظاهرها بتعارض ظاهري.

بصورة عامة، يمكن أن ينظر إلى الدور الذي تمارسه هندسة المعرفة بمنظورين:

المنظور الأول، بوصفها نمط من المعالجة التقنية التي يسعى من خلالها مهندس المعرفة إلى تطبيق التقنيات السائدة في حقل اختصاصه لنقل المعرفة البشرية من أصحابها إلى هيكلة محوسبة يمكن معالجتها في البيئات البرمجية التقليدية والذكية.

المنظور الثاني، بوصفها نمطاً من المحاكاة الرياضية لمعرفة الخبير البشري وإعداد الأنموذج المحوسب الذي يناظر الدور الذي يمارسه الخبير في حل المسائل، وصناعة قرارات رشيدة.

٢ ـ مهندس المعرفة

إن عملية إنتاج المعرفة التي تستخدم لتغذية منظومة النظم الخبيرة تتطلب حضوراً فاعلاً لجهة «شخص» أو «منظومة برمجية» قادرة على أن تنهض بجملة من المهام، تشمل: التنقير عن موارد المعرفة سواء كانت لدى اشخاص يمتلكون ناصيتها، أو بيانات ومعلومات يمكن أن تعالج لإنتاج حصيلة معرفية يمكن استثمارها في حقل عملها؛

(٥) Simon Kendal and Malcolm Creen, *An Introduction to Knowledge Engineering* (London: Springer-Verlag , 2007).

والقدرة على اكتساب المعرفة؛ وتمثيلها بأساليب يمكن تناولها بواسطة البيئة المحوسبة للنظم الخبيرة؛ وتصميم النظم البرمجية المحوسبة التي تعالج مدخلات النظام الخبير وتستثمرها في صناعة قرارات.

أطلق على من يقوم بهذه المهمة اصطلاح «مهندس المعرفة» (Knowledge Engineer). وهو أحد المتخصصين ببناء نماذج منطقية تسري قواعدها في بيئات محوسبة لمحاكاة قدرات العقل البشري في صناعة القرارات، وممارسة سلسلة من المهام الإدراكية المتقدمة(٦).

وتقع على عاتق مهندس المعرفة جملة من المهام، تشمل ما يلي:

ـ الحصول على معرفة كافية ودراية تامة بمبادئ وتفاصيل الحقل المعرفي الذي يروم إنشاء نظام خبير لحقل أو تطبيق من تطبيقاته الميدانية.

ـ جمع واستقصاء موارد المعرفة حول الحقل الذي نروم إنشاء نظام خبير له، سواء من أهل العلم والخبرة، أو من النصوص والمؤلفات التي تعالج مسائل محددة من الحقل ذاته.

ـ القدرة على إنشاء نماذج رياضية و/ أو منطقية لتمثيل عناصر المعرفة واستنباط الحقائق، وصوغ القواعد التي توجّه مسارات صناعة القرارات، أو حل مسائل تتسم بتعقيد ملحوظ، أو تتطلب معالجات تستهلك وقتاً كبيراً بأساليب المعالجة التقليدية.

ـ إنشاء قاعدة معرفية للنظام الخبير التي تستودع فيها مجموع الحقائق، والمبادئ، والقواعد المنطقية التي يستمد منها النظام الخبير أرضية استنتاجاته وقراراته الخبيرة.

ـ مراجعة النتائج التي تتولد من استخدام النظام الخبير والتحقق من توافقها مع قرارات الخبراء في الحقل الذي يُعنى بها هذا النظام، مع تحديد مواطن الانحراف، أو القرارات غير الصائبة لغرض تجاوزها من خلال تعديل الهيكلة المنطقية أو البرمجية.

بصورة عامة، يتعامل مهندس المعرفة مع ثلاثة أنماط من الموارد المعرفية:

• المعرفة الإخبارية/ التصريحية (Declarative Knowledge)، وهي عبارة عن مجموع المعارف التي تزودنا بحقائق الأشياء التي تحيط بنا. فعلى سبيل المثال، العبارة

---

(٦) انظر: «What is Knowledge Engineer,» Techopedia, <http://www.techopedia.com/definition/7966/knowledge-engineer>.

التي تقول إن الحكم الذي يصدره عالم الحديث على المسائل الحديثية هو عمل بالظاهر دون الباطن، مثال على المعرفة الإخبارية الصريحة.

• المعرفة الإجرائية (Procedural Knowledge)، وهي عبارة عن مجموعة الإجراءات البديلة التي ترتكز على توظيف الحقائق ضمن سلسلة من القواعد المنطقية التي توجّه الإجراءات لبلوغ هدف محدّد. فعلى سبيل المثال: يمكننا القول إن من الضروري على صيرفي الرجال الموازنة بين الأقوال الصادرة في حق محدث من المحدثين. فيمكن أن يعتمد سلسلة إجراءات بصدد هوية الناقد، فإما أن يكون متساهلاً، آنذاك ينبغي عدم الذهاب إلى قوله منفرداً، أو متشدداً قد يجرّح الراوي لسبب بسيط، أو متوسطاً يمكن الركون إليه بشروط تعتمد لدى أئمة هذا الشأن.

• المعرفة التي تصف المعرفة (Meta-knowledge)، وهي المعرفة بعناصر المعرفة، وسبْر مواردها التي توظّف في صناعة القرارات. فعلى سبيل المثال، يمكن تمثيل هذا النمط من المعرفة بشواهد من الخطوات التي يعتمدها الأصولي في سبر علّة حكم من الأحكام الشرعية التي يعالجها، وسعيه إلى درء المشبّه والمخيل من الأسباب التي قد تتوارد إلى ذهنه.

ولكي يمارس مهندس المعرفة دوره بطريقة سليمة، ينبغي أن يميز بدقة بين هذه الأنماط الثلاثة، ويكون على بيّنة من كيفية استنباط كل نوع من أنواعها، وكيفية التقاطها من الحصيلة المعرفية للخبير، وآلية معالجتها بواسطة الأداة المحوسبة المناسبة.

٣ ـ مهارات مهندس المعرفة

تتطلب مهمة مهندس المعرفة جملة من المهارات والخبرات البشرية التي تدعم الدور الذي يمارسه في إعداد متطلبات إنشاء نظم محوسبة ترتكز على المعرفة بحسب طبيعة المعالجات التي تمارسها، وتمتلك القدرة على إدارة موارد المعرفة، وإعادة إنتاجها، والاحتفاظ بها في مستودعات رقمية لتوظيفها في بيئة تحاكي ممارسات الخبير البشري.

كذلك فإن وجود تفاعل دائم، وتواصل بين مهندس المعرفة، والخبير بوصفه مورداً أساسياً للمعرفة، تفرض على مهندس المعرفة امتلاك قدرة تواصلية لضمان عرى الاتصال مع موارده، لبلوغ مرحلة تقنع الخبير بجدوى الإفصاح عن موارد معرفته، وخبراته العملية. وينبغي أن تتكلل هذه القدرات بمعرفة عميقة بمبادئ الحوسبة الذكية،

يدعمها منطق علمي سليم لتحويل هذه المفردات إلى هيكلة منطقية/ رياضية يمكن أن تغذي مادتها الحواسيب والنظم البرمجية لتمارس دورها الحقيقي بوصفها نظماً خبيرة[٧].

ويمكن أن نلخص أهم المهارات والقدرات التي ينبغي توافرها لدى الذين يمارسون مهنة مهندس المعرفة، بما يلي:

ـ مهارات حاسوبية تشمل حقول النظم البرمجية، والتعامل مع أدوات المعلومات والاتصالات الرقمية، وإعداد الهيكلة الرياضية والمنطقية للتطبيقات البرمجية بمختلف فروعها.

ـ قدرات تواصلية واتصالية مع الغير، وشخصية تتميز بسلوك دبلوماسي يجعله مرناً في التفاعل مع الخبراء الذين قد يتسمون بالتحفظ في علاقاتهم مع الغير، وصعوبة إقناعهم دون وجود مبررات منطقية وموضوعية.

ـ ينبغي أن يمتلك سعة صدر، والقدرة على احتمال الجفاء الذي قد يبديه الخبراء في تعاملهم مع الغير، والجمع بين الأضداد، وقبول التناقضات بوصفها سمة من سمات الواقع التي ينبغي أن تكيّف معها لإنتاج حقائق وقواعد يمكن أن تكون نهجاً لإدارة الأضداد المقيمة على أرض الواقع.

ـ يتمتع بأرضية تعليمية تتسم بالشمول، مع معرفة عميقة بحقول متعددة لا تقتصر على المعرفة العلمية الصرفة، ولكن تشمل معرفة بالسلوك البشري، وعلم النفس.

ـ يتمتع بمستوى ثقافي رصين وقدرات لغوية تدعم حاجته بالتعبير عن الآراء والسلوكيات بعبارات دقيقة تقارب الواقع وتصفه بدقة.

ـ القدرة على التعلّم والتعامل مع حقول معرفية متعددة.

ـ فهم عميق بموارد المعرفة من بيانات، ومعلومات، والطرق الرياضية المعتمدة في معالجتها، واستخلاص لبابها.

ـ التفكير بنهج منطقي، والقدرة على توليد مفاهيم وقواعد من ركام الملاحظات، والوقائع، ونتائج تواصله مع الخبراء والعلماء.

---

(٧) Kendal and Creen, Ibid.

ـ الثقة بالنفس، مع حضور شخصيته بصورة مقنعة أمام الغير، وبالخصوص أمام الخبراء الذين تلعب هذه السمات دوراً فاعلاً في ضمان التواصل الإيجابي والمثمر.

إن هذه المهارات الفريدة، والقدرات المتميزة، والرصينة، تجعل من مهندس المعرفة عملة فريدة، يصعب نوالها، ومكلفة في الوقت ذاته.

٤ ـ المعالجات التي تمارسها هندسة المعرفة

تتألف المعالجات التي تمارس في بيئة هندسة المعرفة من خمسة أنشطة جوهرية:

النشاط الأول، اكتساب المعرفة من مواردها، كالخبير البشري، والكتب والمراجع، والدارسات، والوثائق التخصصية، أو قواعد البيانات الحاسوبية. وقد ترتبط المادة المعرفية مباشرة بالحقل المعرفي الذي يرتبط بحقل المسألة التي نروم معالجتها، أو بهوية الآليات التي سنعتمدها في معالجة المسألة وإيجاد إجابات حاسمة بصددها، أو تكون ذات طابع شمولي يشمل أكثر من حقل معرفي ذي صلة مباشرة، أو غير مباشرة. وقد يتم التوسع في نطاق الموارد المعرفية باتجاه المعرفة التي تقودنا إلى لباب المعرفة حيث تظهر الحاجة إلى سبر كيفية توظيف الخبير معرفته ومهاراته للتعامل مع المسائل المطروحة عليه.

النشاط الثاني، تمثيل المعرفة التي تم اكتسابها واستخلاصها من مواردها بنسق رياضي أو منطقي يجعلها صالحة للاستخدام في البيئة المعلوماتية المحوسبة، وفي ظل معالجة اصطلح عليها باصطلاح «تمثيل المعرفة» (Knowledge Representation). ويشمل هذا النشاط إعداد الخرائط المعرفية، وتشفير مواردها لكي يتم زجها في الهيكلة المعلوماتية لقواعد المعرفة.

النشاط الثالث، المصادقة على صحة المورد المعرفي، والتثبت من صحتها من خلال تدقيق عناصرها، والتثبت من محتواها إلى المستوى الذي يؤكد صحة هذه الموارد وموثوقيتها. ويتم بلوغ ذلك من خلال زج الخبير في عملية التقييم واطلاعه على مخرجات النظام الخبير بغرض مطابقتها مع ما يذهب إليه، بصدد كل حالة من الحالات التي يفرزها الواقع.

النشاط الرابع، إعداد نظم برمجية قادرة على ممارسة عملية «الاستدلال المعرفي» (Inference) بناء على محتوى قاعدة المعرفة، والقواعد التي أنشئت بناء على منطق المعالجة الذي يمارسه الخبير في حل مشكلات محددة في الحقل المعرفي. ويحبّذ

حضور منظومة طرح المشورة على المستخدم الذي لا يتمتع بمستوى رصين من الخبرة في حقل تخصص النظام.

النشاط الخامس، تصميم بيئة برمجية قادرة على توفير تفسيرات منطقية لمجموع الأسئلة التي يطرحها المستخدم، وتبرير القرارات التي يصدرها النظام، ولماذا يطالب المستخدم بشريحة من البيانات بينما يستبعد أخرى.

٥ ـ هندسة المعرفة وعلم النفس

إن الغاية التي تصبو إليها هندسة المعرفة قد أقامت جسراً متيناً بينها وبين البحوث المعاصرة في ميدان «علم النفس» (Psychology)، ذلك لأن هذا النوع من الهندسة يهدف إلى صوغ أنموذج رياضي وآلي «يحاكي» (Simulate) النشاط العقلي للإنسان لضمان كفاءة برمجياته في صنع القرار. بالمقابل فإن البحوث الخاصة بعلم النفس المعاصر تحاول تعميق فهمنا لآلية التفكير لدى الإنسان والعمليات العقلية التي تصاحبها.

إذن، بات هذان الفرعان من فروع المعرفة العلمية يتبادلان الاكتشافات الجديدة، كل في ميدانه، لأن وصول البحوث النفسية إلى أعماق جديدة غير مكتشفة في تلافيف دماغ الإنسان يعني فتح نوافذ جديدة لهندسة المعرفة على فهم أدق لآلية عمل برمجياته، كما أن نجاح الأنموذج الرياضي والمنطقي الذي يقوم بإنشائه العاملون في مجال هندسة المعرفة يفتح آفاقاً جديدة للعالم السيكولوجي تسهم في زيادة فهمه لآليات عمل العقل البشري فيؤكد فرضية أو يوهن نظرية!

من أجل هذا، لكي يترجم فهمنا لـ «عمليات الإدراك» (Cognitive Processes) التي يمارسها العقل الرياضي إلى صيغ هندسية يمكن اعتمادها في إنشاء المفاهيم الأساسية في ميدان هندسة المعرفة، ينبغي إنشاء «أنموذج الإدراك» (Cognitive Model) في ضوء آخر النظريات السائدة في ميدان علم النفس.

يفسر الأنموذج العمليات العقلية التي تخص ميدان المعلوماتية وهندسة المعرفة كما يلي:

تصل المعلومات من البيئة إلى الكائن البشري عبر «المستقبِلات الحسية» (Sense Receptors)، التي تتحسس المؤثرات من خلال التغاير الحاصل في: ضغط الهواء، درجات الحرارة، توزيع الجزيئات، والإشعاع الكهرومغناطيسي.

كمرحلة أولى يتم خزن المعلومات في وحدة خزن الأحاسيس قصيرة المدى. وتمتاز هذه الوحدة بقابليتها على الاحتفاظ بجميع المعلومات التي تطرق أبواب المستقبلات الحسية، لفترة قصيرة، ومحدودة لا تزيد على ثوان معدودة.

إن الحاجات الآنية للكائن البشري، لا تستدعي انتباهه إلى جميع المعلومات المختزنة مؤقتاً في وحدة خزن الأحاسيس قصيرة المدى، لأن جزءاً كبيراً منها لا يستأثر باهتمامه الفعلي. بالمقابل، فإن الحوافز التي تستأثر باهتماماته تنتقل مباشرة إلى وحدة الذاكرة قصيرة المدى، حيث تلبث هذه الأحاسيس فترة زمنية قد تطول لتصل إلى ربع دقيقة، ما لم يتم لفظها بتأثير أحاسيس جديدة، فينجم عن ذلك حصول إدراك للحافز بحيث يبقى نشطاً في الوعي.

تمتاز وحدة الذاكرة القصيرة المدى بمحدودية طاقتها الاستيعابية للمعلومات الواردة من البيئة الخارجية عند مقارنتها بالطاقات الكبيرة التي تمتاز بها وحدة خزن الأحاسيس القصيرة المدى، إلا أن استخدام آليات «كتل المعلومات» (Chunking Techniques) يؤدي إلى تجميع المعلومات واستثمارها خلال وحدة الزمن بما يضمن وعياً أشد عمقاً.

ينتقل جزء كبير من المعلومات المدركة، من وحدة الذاكرة قصيرة المدى إلى وحدة الذاكرة طويلة المدى حيث يتم اختزانها لفترة غير محدودة مع توافر الإمكانية الآنية لاسترجاعها وفق آليتي البحث والاستذكار، وما تمليه متطلبات أنموذج الإدراك. ويستثنى من هذا الأمر بعض المعلومات التي تفقد القابلية على الاسترجاع كنتيجة لحدوث انسداد في قنوات ارتباطها أو حصول وهن ذاتي في محتواها، فتغيب بذلك عن ساحة البحث والاسترجاع، وتطوى في عالم النسيان، ما لم تتوافر الظروف التي تؤدي إلى إزالة مصادر هذا الخلل.

لا تقتصر قدرة الذاكرة طويلة المدى على اختزان البيانات، بل تحوي أيضاً القواعد الخاصة بمعالجة المعلومات والبيانات. ويمكن أن يُعزى الحجم الكبير من المعلومات المختزنة فيها إلى أسلوب إدارتها وتشفيرها بشكل يثير العجب. فوعاء هذه الذاكرة يعتمد مبدأ «تشفير» (Coding) المعلومات بأسلوب يوظف «دلالات الألفاظ» (Semantic)، أو «المعاني المتكيفة» (Oriented Meaning). بمعنى آخر، إن ما يختزن في هذا الجزء من الذاكرة هو المعاني، وبنية الكلمات التي تكمن وراء مظاهرها.

أضحى أنموذج الإدراك بمعيار هندسة المعرفة مورداً مهماً لـ «نظرية معالجة المعلومات» (Information Processing Theory) التي تُعنى بدراسة الآلية المثلى التي توظفها هندسة المعرفة في برمجياتها لتحسين كفاءتها وأدائها، كما أنها تتيح لمهندس المعرفة نظرة أكثر شمولية عن أساليب جمع مفردات المعرفة من مواردها.

٦ ـ دور الخبير في هندسة المعرفة

تعنى هندسة المعرفة بالخبير، وتوليه اهتماماً كبيراً، كونه يشكّل العمود الفقاري لموارد النظم الخبيرة، وإدارة دفة أنشطتها المختلفة.

ويطلق على المجال المعرفي البشري الذي تسعى هندسة المعرفة إلى اقتناصه، وضمه إلى قواعده المعرفية اصطلاح «حقل المهمة» (Task Domain)، حيث تشير المهمة إلى نشاط موجّه إلى هدف/ أهداف معيّنة لغرض إيجاد حل مقبول لمسألة من المسائل. أما الحقل فيؤشر نحو ميدان يتم على أرضيته تنفيذ المهمة.

بصورة عامة، فإن المورد الأساسي للمعرفة لدى الكائن البشري ينحصر بالمعارف والخبرات التي تتمتع بها شريحة محددة من المتخصصين في ميادين العلوم المختلفة، الذين يطلق عليهم لقب «الخبير» (Expert).

ويتصف الخبير بجملة من المميزات أهمها، أنه:

أ ـ بارع ومتضلع في حقل اختصاصه.

ب ـ كفء وسلس في إنجاز المهام الملقاة على عاتقه.

ج ـ يمتلك معرفة رصينة في حقول المعرفة المختلفة تشد أزر معرفته التخصصية.

د ـ لديه أسلوب متميز في التنقيب عن المفردة المعرفية المطلوبة على طريق استثمار معارفه وخبراته في حل المشاكل التي تعترضه.

هـ ـ يمتلك ذهناً ثاقباً يتعرف من خلاله إلى ماهية المشكلة التي تعترضه.

و ـ كفء في شق طريقه وسط زحام المعلومات المتناثرة، والمتنافرة، فيوفق بين عناصرها المتباينة لينشئ مفاهيم جديدة تسهم في تذليل العقبات التي يخطط لتجاوزها.

إن أركان العلم الحديث ترتكز على الخبراء الذين يمثلون المورد الأساس الذي تنهل منه التقنية نسغ الحياة الذي يديم حركتها وصيرورتها، بيد أن شحة عدد الخبراء،

وصعوبة استمداد المعرفة من غير مواردها، قد أفرز الحاجة إلى التفكير في إمكان إنشاء نظم برمجية تتصف بالخبرة لكي تسد المساحة الشاغرة التي تنجم عن فقدان الخبير، أو التكاليف الباهظة المطلوبة من قبلهم مقابل إنجازه المهام المعقدة التي يتفرد بالقدرة على إمكان حلها دون غيره ممن يعملون في حقل الاختصاص نفسه.

يعد النظام الخبير الأنموذج التطبيقي الأمثل لهندسة المعرفة، لما يتصف به من الخصائص التقنية المستمدة من الخبرة المتراكمة لدى زمرة من الخبراء من ذوي المعرفة الرصينة، مع القدرة على تجاوز العقبات الناجمة عن قلة الخبراء، وارتفاع تكاليف توظيفهم، وغيرها من المميزات الأخرى (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ١)).

الجدول الرقم (٦ ـ ١)

المقارنة بين الخبير البشري والنظام الخبير

الخبرة البشرية	النظام الخبير
معرضة للموت والهلاك بفناء صاحبها.	دائم وباقٍ لفترة غير محدودة.
يصعب نقلها من شخص إلى آخر بالطرق التقليدية.	قابلة للنقل من نظام إلى آخر.
يصعب حفظها وتوثيقها في الوثائق.	من السهولة حفظها وتوثيقها في وسائط خزن البيانات والمعلومات.
لا يمكن صوغ حدود ثابتة لماهيتها والآليات التي تعمل من خلالها.	ذات حدود وقواعد ثابتة، وتعمل وفق آليات محددة.
باهظة الثمن وتستغرق زمناً طويلاً لكي تكتمل معالمها.	ذات تكاليف معقولة لوجود إمكانية عمل أكثر من نسخة للنظام الخبير بحيث تقل تكلفتها مع انخفاض تكاليف تشغيلها وإدارتها.

يعدّ النظام الخبير الحل الأمثل لتوظيف الحواسيب العملاقة في ممارسة سلسلة معالجات تحاكي نمطاً من السلوك الذكي يحاول بلوغ جزء محدود من القدرات العقلية للكائن البشري، تدعمها القابليات ـ غير المحدودة ـ للحاسوب لخزن البيانات واسترجاعها، ومعالجتها وفق قواعد منطقية أحكمت صوغها في ضوء آليات فكر الخبراء من الجنس البشري بحيث تنضج ثمار جديدة من ثمار هندسة المعرفة تتيح للإنسان المعاصر، فرصة ثمينة للتفكير بآليات جديدة، وبكفاءة متميزة.

ويلاحظ في غضون العقد الأخير من هذا القرن ظهور حجم كبير من النظم الخبيرة التطبيقية التي توظف مفردات المعرفة والخبرة البشرية في ميادين العلوم المختلفة في إنشاء قواعد معرفية تستثمر في حل المشكلات التقنية التي تعترض تقدم عجلة التقنية المعاصرة، وتوفر بيئة معرفية خصبة يمكن استخدامها لدراسة وتقويم الأفكار الجديدة، الأمر الذي يعمّق الدور الذي يمارسه الخبير في ميادين هندسة المعرفة وتطبيقاتها.

٧ ـ اللغات البرمجية لهندسة المعرفة

لعل من أهم الميزات التي تظهر بوضوح الفروق في القيمة بين البرمجيات التقليدية والبرمجيات التي تستند في صياغاتها إلى المعرفة هو أن الأخيرة تمتلك منطقاً محوسباً، وتتمتع بقدرة تحليلية فريدة، تدعمها إمكانيات متميزة في تحليل المواقف، والقدرة على صناعة قرارات ذكية لحل المسائل وتجاوز الإشكاليات. تظهر في الجدول الرقم (٦ ـ ٢) الفروق الجوهرية بين الدور الذي يمارسه النظام الخبير في المعالجة ودور البرمجيات التقليدية.

الجدول الرقم (٦ ـ ٢)

مقارنة بين الخبير البشري والنظام الخبير وبرنامج الحاسبة التقليدي

النظام الخبير	برنامج الحاسبة التقليدي
يعالج المعرفة التي تم تمثيلها بمجموعة من القواعد المنطقية والحقائق مستخدماً الاستدلال الرمزي في إيجاد الحلول وصناعة القرارات.	يعالج البيانات بواسطة مجموعة من الخوارزميات الحاسوبية لحل المسائل العددية وتوليد التنبؤات.
هناك حد فاصل بين عناصر المعرفة والعمليات التي تمارس لمعالجتها.	لا تفرق بين المعرفة والهيكلة البرمجية التي تمارس عملية معالجة عناصرها.
يتتبع مسارات تنفيذ القواعد خلال عملية المعالجة المحوسبة ويبرر لماذا اتخذ قرار ما ولماذا نفتقر إلى عنصر من البيانات دون غيره للقاعدة ذاتها ولا يتجاوز تبريره حدود تنفيذها.	لا يوفر توضيحات حول كيفية بلوغ نتيجة ما، و/ أو لماذا نفتقر إلى شريحة محددة من البيانات دون غيرها.

يتبع

تابع

يمتلك آليات محوسبة للمعالجة غير الدقيقة مثل المنطق المضبب، ويستطيع التعامل مع البيانات المشوشة وغير الدقيقة إلى حد ما.	يتعامل فقط مع المسائل التي تمتلك بيانات دقيقة ومتكاملة.
قد يرتكب أخطاء ويتخذ قرارات غير صائبة عندما تكون البيانات ناقصة أو مشوشة.	لا يوفر حلولاً أو إجابات حتى ولو كانت خاطئة عندما تخلو البيانات من الدقة، أو يسودها سمة التشويش.
تتحسن قدراته على حل الإشكاليات وصناعة قرارات أفضل عندما يضاف إلى قاعدة المعرفة المزيد من القواعد، وتتناسب طردياً مع حجم المعارف المكتسبة حديثاً.	تتحسن قدرته على المعالجة بإعادة مراجعة هيكلته البرمجية، وتطوير الخوارزميات، الأمر الذي يتطلب جهداً كبيراً.

ولا تقتصر خصائص برمجيات المعرفة على ما ذكر في طيات المقارنة أعلاه، بل إنها تمتلك جملة من الخصائص التي تميزها من غيرها والتي تشمل الآتي:

أ ـ امتلاك الخبرة التي تنعكس على أدائها الجيد، وتوفر مستوى عالياً من المهارات في أدائها، وقدرتها على إيجاد الحل الأمثل للمشكلة القائمة، في ضوء طبيعتها، وطبيعة الظروف التي تحيط بها، مع اقتراح أقصر الطرق، وأكثرها كفاءة بما يضمن تقليل حجم الوقت المطلوب للإنجاز، وتكاليف تحقيق ذلك.

ب ـ القدرة على تمثيل المعرفة بواسطة أسلوب «الوصف الرمزي» (Symbolic Representation) مع إمكانية إعادة صوغ مفردات المشكلة التي تتم معالجتها بوصف أكثر عمومية يصلح لأن يكون أساساً لقاعدة معرفية جديدة يمكن استخدامها لمعالجة مشاكل مشابهة.

ج ـ تتصف بالعمق في معالجة القضايا المطروحة التي تتصف بتعقيد كبير في مفرداتها، وشبكة العلاقات القائمة بينها وبين ما يحيط بها من متغيرات. ويتم ذلك عن طريق سلسلة من القواعد المعرفية التي تستمد دقتها وكفاءتها من عناصر الخبرة التي يوظفها البرنامج المعرفي.

د ـ توافر قاعدة معرفية ذاتية رصينة للبرنامج المعرفي تمكّنه من اختبار قواعده المنطقية التي يستخدمها في عملية استنباط النتائج من القواعد المعرفية المتاحة، مع القدرة على وصف المبررات المقبولة للقرارات والاستنتاجات.

يبدو واضحاً ممّا ذكر أعلاه أن البرنامج الذي ينمو في بيئة هندسة المعرفة يتصف بخصائص تجعله أكثر قرباً من ممارسات الإنسان وقدرته العقلية على استبطان المشكلة القائمة، واستنتاج الحلول في ضوء ظروفها، مع قدرته على الدفاع عن صحة استنتاجاته وتبريرها بشكل مقبول.

وتستند هندسة المعرفة في صيغها المنطقية والرياضية إلى مجموعة من اللغات البرمجية تمتاز بامتلاكها جملة من المميزات التقنية التي تمهد لمهندس المعرفة فرصة استخدامها في إنشاء صرح البرمجيات الخبيرة في القطاعات التطبيقية المختلفة.

يمكن تقسيم هذه اللغات إلى قطاعين أساسيين هما:

أ ـ «اللغات الهيكلية لهندسة المعرفة» (Skeletal Knowledge Engineering Languages): وهي عبارة عن نظام خبير استبعدت من هيكليته البرمجية القاعدة المعرفية التي يحتويها، مع إبقاء آلة الاستدلال والخدمات التقنية التي تدعم هيكليتها المنطقية.

وخير مثال على هذه اللغات، «النظام الخبير» (MYCIN) الذي صمم لخدمة ميدان العلوم الطبية، وأمكن تحويله إلى «اللغة الهيكلية» (EMYCIN) بعد استبعاد القواعد المعرفية الطبية، بحيث يمكن استثماره في التطبيقات المختلفة لهندسة المعرفة.

ب ـ «اللغات ذات الاستخدام العام لهندسة المعرفة» (General -Purpose Knowledge Engineering Languages): تمتاز هذه اللغات بقدرتها على معالجة أكثر من ميدان من ميادين تطبيقات هندسة المعرفة، في ضوء قدراتها على البحث عن مفردات المعرفة، وإنشاء المفاهيم. إلا أنها تمتاز بتعقيدها الملحوظ بحيث يؤدي ذلك إلى وجود عقبات تقنية أمام توظيفها في بعض الميادين. وتظهر في الجدول الرقم (٦ ـ ٣) قائمة بأهم اللغات البرمجية السائدة في مجال هندسة المعرفة مع أهم الخصائص التقنية لها.

الجدول الرقم (٦ ـ ٣)

أهم اللغات البرمجية السائدة في بيئة هندسة المعرفة

اللغة	النوع	الخصائص التقنية	اللغة البرمجية
EMYCIN	نظام هيكلي	أ. يعتمد أسلوب القواعد. ب. آلة الاستدلال من نوع السلاسل الارتجاعية. ج. معالجة القضايا على أساس الوصول إلى اليقين. د. تعطي تفسيراً لفعالياتها الإجرائية.	INTERLISP
EXPERT	نظام هيكلي	أ. يعتمد أسلوب القواعد. ب. آلة الاستدلال من نوع السلاسل الأمامية. ج. معالجة القضايا على أساس الوصول إلى اليقين. د. تعطي تفسيراً لفعالياتها الإجرائية. هـ. تقوم بتفحص دقة نتائجها.	FORTRAN
OPS5	نظام ذو استخدام عام	أ. يعتمد أسلوب القواعد. ب. آلة الاستدلال من نوع السلاسل الأمامية. ج. وجود سيطرة مرنة على النتائج. د. يتم توصيف المعارف بأسلوب مرن وفعال.	FRANZLISP
ROSIE	نظام ذو استخدام متعدد	أ. يعتمد أسلوب القواعد. ب. آلة الاستدلال من نوع السلاسل الأمامية. ج. يحتوي على طرق إجرائية موجهة. د. يمتاز بدلالة ألفاظ تشابه اللغة الإنكليزية.	INTERLISP

ثالثاً: النظام الخبير: مراجعة أولية

تتباين التعريفات المطروحة لتحديد الأطر المفاهيمية لدلالة النظم الخبيرة. ويعود سبب هذا التباين إلى ميل بعضها إلى اعتماد الوظيفة التي ينهض بأعبائها النظام الخبير في تعريفه، بينما تذهب أخرى إلى التنقير عن هيكلة النظام في تحديد ماهيته. بالمقابل، تميل تعريفات أخرى إلى استخدام عنصري الوظيفة والبنية الرياضية والمنطقية في تعريف ماهية هذا النظام المحوسب. ويمكن تلخيص الأطر العامة للتعريفات المطروحة لبيان النظم الخبيرة من خلال المحاور الثلاثة الآتية التي تؤشر بوضوح نحو المرتكز الجوهري لهذا النوع من النظم:

المحور الأول، المعرفة: وعلى أساس هذه المفردة، تعدّ النظم الخبيرة نظماً محوسبة توظف المعرفة لحل المسائل، وتجاوز العقبات التي تتطلب خبرة بشرية.

المحور الثاني، الأداء: وعلى أساس هذه المفردة تعد النظم الخبيرة برامج حاسوبية تستخدم معرفة الخبير لبلوغ مستويات عالية من الأداء في ميدان محدد من ميادين المسألة التي نتناولها بالدراسة.

المحور الثالث، مزيج من قدرات الذكاء المحوسب: تسهم هذه المفردة في تغيير دلالة النظم الخبيرة وتمنحها مزيجاً من قدرات الذكاء المحوسب التي تنتظم تحت مظلة نظام يمتلك مقوّمات الخبرة، ويقوم بعمليات استنتاج بواسطة معالجات رمزية، ويمتلك سمات ذكاء مقارب للذكاء البشري، ويمتلك القدرة على إعادة صوغ مفهوم المسألة والتعامل مع المسائل المعقدة في مجال حقول مهام محددة على أرض الواقع.

ويمكن أن نخلص مما ورد أعلاه إلى تعريف جامع للنظام الخبير بوصفه منظومة محوسبة متكاملة تحتوي على برنامج حاسوبي يسعى إلى محاكاة ملكة الحكم أو السلوك لدى إنسان أو منظمة تمتلك قدراً كافياً من المعرفة والخبرة في ميدان من الميادين؛ تدعمه قاعدة معرفية تضم الخبرة المتراكمة، ويساندها حشد من القواعد المنطقية التي يتم استخدامها لتطبيق المفردات المتوافرة في قاعدة المعرفة لكل حالة من الحالات الميدانية المطروحة على البرنامج المحوسب(٨).

---

(٨) Donald A. Waterman, *A Guide To Expert Systems*, Teknowledge Series in Knowledge Engineering (Reading, MA: Addison-Wisely, 1986).

إن المعادلة التقليدية التي تصف بنية البرنامج الحاسوبي التقليدي هي:

خوارزمية + هياكل بيانات = برنامج

أما في حالة النظام الخبير فتتحول المعادلة التي تصفه إلى الصيغة الآتية:

آلة استدلال + معرفة = نظام خبير

ونتيجة لذلك فإن هذا النوع من النظم سيتألف من المركبتين الآتيتين:

ـ قاعدة معرفية تقوم باقتناص المعرفة المخصصة بمجالات محددة، تدعمها مجموعة من القواعد المعرفية الحاكمة.

ـ آلة استدلال تتألف من خوارزميات تقوم بمعالجة المفردات المعرفية الموجودة في القواعد المعرفية وتوجّه مسارات صناعة القرار في ضوء معطيات الواقع.

وتتم عملية إنشاء نظام مرتكز على مجال محدد من المعرفة من طريق استشارة ثلّة من موارد المعرفة، مثل الخبراء، ونصوص الكتب، وقواعد البيانات المختلفة. وفي حالة توافر كمٍّ مناسب من البيانات، إذّاك يمكن استخدام تقنيات تعلّم الآلة لاستخلاص المعرفة من هذه البيانات، وتقطيرها في أطر معرفية مناسبة للتداول في القواعد المعرفية الملحقة بالنظم الخبيرة.

ويسعى النظام الخبير إلى اقتناص المعرفة من الخبراء الميدانيين، ليحولها إلى معرفة محوسبة في بيئة تقنية المعلومات، عبر وسط بيئي، يمكن استثماره في ميادين تطبيقية عدة. وتكمن أهمية النظم الخبيرة في كونها تمتلك القدرة على:

- التقليل من مستوى المهارة المطلوب لإدارة الأدوات والتقنيات المعقدة.
- طرح مقترحات تشخص أسلوب تجاوز العقبات.
- تفسير البيانات المعقدة.
- تمهيد عملية الاحتفاظ ونشر المعرفة الرصينة والنادرة.
- اقتناص المعرفة من مواردها من الخبراء الذين يوشكون على ترك ممارسة العمل الميداني.
- دمج الموارد المعرفية المختلفة على طريق تكامل أدائها.

رابعاً: الأسس المفاهيمية للنظم الخبيرة

بعد المراجعة الأولية لماهية النظام الخبير، بات من الواضح لدينا أن هذا النظام عبارة عن بيئة برمجية تطبيقية تمتلك القدرة على توفير حلول أو منح مشورة بصدد مجال محدد من المسائل في حقل محدد من خلال ممارسة جملة من أنشطة حل الإشكاليات التي يمارسها خبير بشري(٩).

ولممارسة هذا النمط من السلوك الذكي فإن من الضروري للنسق الخبير أن ترتكز هيكلته المفاهيمية على ما يأتي:

ـ «قاعدة معرفة» (Knowledge-base) تضم مجموعة متنوعة من الموضوعات التي تدور في فضاء معرفي محدد، وتعد حصيلتها كافية لتوفير مناخ مناسب لصناعة قرار، أو حل إشكالية تلقي بظلالها على أرض الواقع. وقد تتألف مادة قاعدة المعرفة من مجموعة حقائق، وقواعد تستمد رصانتها من خبرة ميدانية أثبت الواقع صدقيتها في تجاوز إشكالية، أو صناعة قرار صائب.

ـ «آلة استدلال» (Inference Engine) قادرة على إنتاج حلول، و/ أو إيراد إجابات حاسمة، و/ أو اقتراح توصيات، و/ أو بذل نصيحة بناء على البيانات التي يوفرها المستخدم للنظام.

ـ «وسط بيني» (Interface) لترويج مدخلات النظام التي تعدُّ المادة الأساسية لصناعة مخرجاته التي تمثل نتاجاً خبيراً للتعامل مع المسائل المطروحة.

وتتميز معرفة النظام الخبير، التي تتألف مادتها من مجموعة من الحقائق والمفاهيم، بأنها تكافئ مجموعة من الجمل التصريحية التي يفترض صدقها. وتدعم هذه العبارات مجموعة من قواعد الاستدلال التي تمتلك القدرة على إنتاج مجموعة جديدة من الحقائق من مادة الحقائق التي ارتكزت عليها تباشير عملية الاستدلال.

وتوظف قاعدة المعرفة البيانات ذات الصلة بالحقل المعرفي، وعناصر الخبرة التي اكتسبت من تجربة الخبير، لصناعة منتج معرفي يتسم بصراحة وجلاء. ومتى اكتملت عملية استقصاء هذين النوعين من المفردات المعرفية، يمكن أن تمارس عليها سلسلة

---

(٩) Luciano Floridi, *Philosophy of Information: An Introduction* (New York: Routledge, Taylor and Francis Group, 1999).

من المعالجات التي تحيلها إلى نسق، وتراتبية منطقية يمكن للبيئة المحوسبة أن تنتج منها إجابة حاسمة، أو تصنع قراراً يحل إشكالية لواقعة ما.

من جهة أخرى، تحتوي آلة الاستدلال على مجموعة من الخوارزميات البرمجية، يطلق عليها اصطلاح «قواعد الإنتاج الشاملة» (Universal Production Rules) التي تتجسد من خلالها جل الطرائق المعتمدة في حل الإشكاليات، واستراتيجيات الكشف عن مجريات الأمور، التي تدعم عملية انتخاب النشاط المناسب لكل حالة من الحالات. وتتألف مادتها من النسق المنطقي الذي تتضمنه عملية الاستدلال بصيغة «حالة» (Condition) تضم سلسلة من الأنماط التي تحدد هوية البيانات التي يمكن أن تسوّغ اعتماد القاعدة؛ و«إجراء» (Action) يتألف من مجموعة عمليات ينبغي المباشرة بها عندما ينطبق حكم القاعدة المناظرة لها.

وتقوم آلة الاستدلال بمقاربة البيانات قبالة أنماط الشروط المودعة في القواعد المنطقية، حيث تنفذ الإجراءات المناسبة إزاء كل حالة، وبنمط متسلسل. وتستمر العملية إلى حين استنفاد جميع القواعد والبيانات المناظرة لكل حالة من حالاتها.

ويتفاعل المستخدم مع البيئة المحوسبة للنظام الخبير من خلال مجموعة من سيناريوهات طرح أسئلة منتخبة والإجابة عنها، من خلال قائمة خيارات أُعدّت سلفاً، أو إدراج بيانات جديدة تناظر المسألة المطروحة على النظام الخبير. ويستمر النظام بطرح أسئلته (على المستخدم)، وطلب المزيد من البيانات، إلى حين استكمال آلة الاستدلال دورتها لصناعة قرار حاسم، أو طرح جملة خيارات تناظر نسبة الموثوقية، حيث تترك للمستخدم فرصة اختيار ما يراه مناسباً في ضوء مستوى الموثوقية الذي يريده للتعامل مع المسألة المطروحة.

بصورة عامة، يعتمد مستوى الذكاء والعمق المعرفي الذي يتمتع به النظام الخبير، على مستوى جودة البيانات المودعة في قاعدة المعرفة، وعلى دقة النسق المنطقي الذي أودع في آلة الاستدلال الموجودة فيه.

خامساً: مكونات النظام الخبير

بصورة عامة يمكن تمثيل النظام الخبير ببرنامج محوسب صمّم لمحاكاة القدرات التي يتميز بها خبير متخصص في حقل معرفي محدد، عندما تطرح عليه مسألة، أو يروم تجاوز عقبة يفرزها الواقع. ولكي يفلح هذا النظام في أداء المهام المنوطة به، ينبغي أن

يتألف من مجموعة عناصر تمتلك القدرة على محاكاة جزء/ أو مجموعة أجزاء من تلك التي يمتلكها الكائن البشري.

من أجل هذا، حرص العاملون في ميدان إنشاء النظام الخبير على توفير العناصر التالية في بيئته لضمان حسن أدائه:

- «قاعدة معرفة» (Knowledge Base) تحتوي على مجموعة متنوعة من الحقائق والمبادئ التي تشكّل لباب الحقل المعرفي الذي يهتم به النظام الخبير، تترابط معها مجموعة من القواعد المنطقية التي تتألف هيكلتها من افتراض حالة أو وصف محدد، مشفوعاً بإجراء يناظره، مع إمكانية وجود استثناءات توجه القرار نحو مسار محدد.

- «آلة استدلال» (Inference Engine) تضم خطاطة معرفية أُعدت بأحكام نتيجة المراجعة والتحليل الدقيق للنهج الذي يعتمده الخبير البشري في توجيه عملية الاستدلال. وتكون هذه الآلة مسؤولة عن تحديد أولوية تنفيذ القواعد المنطقية، وتفسيرها عبر مخرجات تستثمر في صناعة قرارات النظام الخبير.

- «النظم الثانوية لاكتساب المعرفة» (Knowledge Acquisition Subsystem) وهي عبارة عن نظم ثانوية ملحقة بآلة الاستدلال المعرفي، تدعم الخبراء في عملية جمع المفردات المعرفية، وتنسيقها، لغرض بناء قواعد المعرفة المختلفة التي تتطلبها المسائل المطروحة.

- «وسط بيني لتواصل المستخدم مع النظام الخبير» (User Interface).

- «نظم التفسير الثانوية» (Explanation Subsystem) وهي عبارة عن نظم ثانوية تسهم في تفسير وبيان الأنشطة والفعاليات التي يمارسها النظام. وتراوح عملية التفسير بين توفير تبرير كيفية الوصول إلى الحلول الوسيطة أو النهائية للمسألة، إلى مرحلة تبرير الحاجة إلى بيانات إضافية لضمان الحل الأمثل للمسألة.

ونظراً إلى الدور الكبير الذي تمارسه هذه المكونات في تسيير دفة الاستدلال المنطقي داخل حدود النظام الخبير، سنحاول معالجة المكونات بالتفصيل لكي تتضح عناصر هذه المكونات، والدور الذي تمارسه في هذا النمط من أنماط الحوسبة الذكية.

١ ـ قاعدة المعرفة

تحتوي قاعدة المعرفة على عناصر معرفية منتخبة تلبي حاجات النظام الخبير لممارسة معالجاته المعرفية بخصوص الحقل الذي يتخصص في التعامل معه. ويقوم مهندس المعرفة بإعداد هيكلة قاعدة المعرفة، وتغذيتها بالعناصر التي تشكل لبابها. وتشكل عناصر المعرفة التي تودع في القاعدة: عناصر معرفية كمية، وعناصر معرفية نوعية، وعناصر معرفية أخرى تم الحصول عليها عبر معالجات متقدمة.

وتتعدد موارد القاعدة التي يمكن الحصول عليها بصورة مباشرة من الخبير المتخصص في المجال المعرفي، أو بصورة غير مباشرة من خلال المراجعة الدقيقة والمتأنية للمراجع العلمية والتقنية، والكتب المتخصصة، حيث تتوافر الكثير من الحقائق، والأسس التي يرتكز عليها الحقل المعرفي، والنماذج الرياضية، والنظريات، والممارسات التطبيقية، التي دوّنها المتخصصون فأضحت تشكل معالم الطريق الذي يسلكه المتخصصون عند التعامل مع المسائل والإشكاليات التي تبرز في هذا الحقل المعرفي، أو ذاك.

ويتبنى العاملون في ميدان هندسة المعرفة طرائق متعددة للحصول على عناصر المعرفة الدقيقة تمهيداً لإيداعها في قاعدة المعرفة، بعد التأكد من موضوعيتها، ومطابقتها لمعايير الحقل المعرفي الذي تعالجه لضمان دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها، أثناء ممارسة المعالجات التي يمارسها النظام الخبير (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ٤)).

الجدول الرقم (٦ ـ ٤)

طرائق استخلاص مفردات المعرفة

النهج	التفاصيل
مقابلة ذوي الخبرة	• التخطيط المسبق للمقابلة وتحديد الإطار العام لمتطلباتها. • الاطلاع على أهم المبادئ والمفاهيم التي تسود في الحقل المعرفي الذي نروم العمل عليه لضمان القدرة على التواصل مع الخبير. • صوغ أهداف المقابلة وما نروم نواله من الخبرة المتراكمة لدى الخبير المتخصص. • تحديد هوية الخبير الذي سنقابله مع تحديد مبررات انتقائه دون غيره. • إعداد أسئلة المقابلة والمسائل التي تود طرحها على الخبير. • انتخاب نمط الأسئلة، وهيكلتها، وتراتبية طرحها بما يضمن تسلسلها المنطقي.

يتبع

تابع

تحليل البروتوكول المعرفي للخبير	• تحليل البروتوكول الشخصي للخبير في حل مسائل سابقة ضمن الحقل المعرفي. • التحليل المباشر للبروتوكول أثناء ممارسة الخبير لنشاط يتناول حل مسألة محددة. • منح الفرصة للخبير بممارسة التفكير بصوت مسموع لتتبع مسارات حلوله للمسائل. • صوغ الحلول بعبارات منطقية وعلمية سليمة دون الإخلال بمضامينها. • السعي إلى هيكلة نتائج تحليل البروتوكول لضمان الحفاظ على نسقها المفاهيمي.
تحليل تراتبية العناصر المعرفية	• إعداد خطاطة وصفية (بالتنسيق مع الخبير) يمثّل من خلالها الحقل المعرفي على أساس العلاقات الرابطة بين عناصره، والنهج المعتمد في حل المسائل والاجابة عنها. • الحرص على أن يتخذ الوصف نسقاً هرمياً لمجموعة متفرعة من فروع مشجرة للحقل المعرفي. • ضرورة أن يكون المخطط ثنائي الأبعاد ترتبط فيه عقد العناصر المعرفية مع أقواس مسمّيات العناصر المعرفية المناظرة لكل منها.
فرز المفاهيم	• إدراج المفاهيم المعتمدة في الحقل المعرفي على بطاقات على أن يقوم الخبير بفرزها إلى مجاميع بحسب أولويتها. • محاولة رسم العلاقات التي تربط بين هذه المفاهيم وهيكلتها وفق نسق متكامل. • إعادة هيكلة المفاهيم وفق أكثر من خطاطة لحل المسائل.
شبكة الذخيرة المعرفية	• تحليل موارد شبكة الذخيرة المعرفية للحقل الذي نروم العمل عليه. • إعداد عناصر الشبكة من طريق: تعريف حدود الحقل المعرفي؛ بيان عناصره؛ انتخاب ثلاثة عناصر مع تحديد بنية مفاهيمية تجمع عنصرين منها؛ يصار تكرار العملية إلى حين بلوغ حالة التوافق التام في بنية الشبكة وانتظامها؛ حاول ترتيب العناصر بحسب أهميتها؛ باشر بعملية تحليل العناصر. • بلوغ الشبكة النهائية للذخيرة المناظرة لعناصر الحقل المعرفي قيد الدراسة.
التقييم الهيكلي لموارد المعرفة	• تعريف هيكلة مرجعية لخطاطة المعرفة التي استأثرت باهتمامنا. • تحديد مجموعة من المفاهيم الأساسية مع تكليف الخبير ببيان طبيعة العلاقة التي تربط بين كل زوج من هذه المبادئ لتحديد معالم الهيكلة المرجعية. • استخلاص الأحكام التي تحدد القرابة المقيمة بين هذه المفاهيم. • استخلاص الأحكام الفردية بخصوص العلاقات القائمة بين المفاهيم المنتخبة. • اقتراح التمثيل المعرفي المناسب للهيكلة المعرفية. • حاول أن تترجم مستوى القرابة بين المفاهيم إلى تمثيل أكثر موضوعية وقابل للتفسير. • السعي إلى الموازنة بين مختلف أنساق التمثيل المعرفي المقترحة. • تقييم الأنساق الإدراكية الفردية لكل حالة من الحالات. • الموازنة بين مستويات التقارب والتماسك بين فئات التمثيل المعرفي.

ويختلف النمط الذي تعالج فيه مفردات العناصر المعرفية التي يتم الحصول عليها من خلال عمليات المراجعة والاستخلاص. إذ إن «الحقائق» (Facts) تدرج في قاعدة البيانات على أساس المطابقة أو التناقض، أو بشكل قيم عددية، وبصيغ تتسم بالبساطة، ولا تفتقر إلى معالجات إضافية.

فعلى سبيل المثال، نورد شواهد على نماذج متعددة من الحقائق:

أبو هريرة = صحابي.

الحسن البصري = تابعي.

الحسن البصري ≠ صحابي.

الحديث المنقطع = حديث ضعيف.

ابن لهيعة = راوي حديث.

الحجاج بن أرطأة = ضعيف.

وفاة الإمام الشافعي = ٢٠٤ هجرية.

أما على صعيد استنباط موارد المعرفة التي تتألف منها القواعد التي يوظفها الخبراء في التعامل مع المسائل التي يطرحها فتتطلب جهداً إضافياً، وتستلزم آليات تختلف إلى حد كبير عن الحقائق التي أوردناها قبل قليل. فعلى سبيل المثال: إذا أردنا أن نحصل على موارد معرفية تدعم نظاماً معرفياً يعالج مسائل الفقه، فسنحتاج إلى لملمة العناصر بممارسة امتحان دقيق لمسار تعامل الفقيه مع ما يطرح عليه من مسائل فقهية، ومن خلال النمط الآتي من أسئلة الامتحان المعرفي:

- هل يمكن أن تحوّل التوكيد إلى قاعدة تتسم بنمط أكثر شمولية؟

- كيف استدللت على عدم مشروعية المسح على الجوربين الرقيقين؟ هل يمكن أن تضع لنا قواعد مبسطة لطريقة استدلالك مع بيان الأسباب المناظرة لكل منها؟

- متى يمكنك أن تتخذ مثل هذا القرار؟ وهل يمكن عدُّ القاعدة التي أنشأتها حالة عامة؟ وهل يمكن تطبيقها على الدوام؟ وهل هناك استثناءات لهذه القاعدة؟ متى؟ وهل يمكن أن تنشأ عن هذه القاعدة قاعدة أو مجموعة قواعد جديدة تستمد حضورها منها؟

- إذا لم تكن القاعدة مشتملة على جميع الحالات فهل يمكن أن تنشئ لنا قاعدة أكثر عمومية تتجاوز المحددات؟

• هل تستطيع أن تبسط أمامي قواعد عامة حول مسألة محددة؟ وهل ثمة قواعد ترتبط بها، وتوسع مجال تطبيقاتها في مسائل أخرى؟

وحالما ينتهي مهندس المعرفة من لقائه مع الخبير يبدأ بغربلة نتائج طرح الأسئلة، وإجاباتها فيحدد المفاهيم الأساسية، والعلاقات التي تربط فيما بينها، وتحت أي شروط يمكن أن تسري القاعدة، وما هي طبيعة الاستثناءات، وغيرها من الأمور التي تدعم هيكلة عناصر المعرفة التي حصل عليها، ويمكن أن تشكّل مادة ثرية لقاعدة المعرفة التي يعكف على إنشائها.

٢ ـ آلة الاستدلال المعرفي

يعرّف الاستدلال بأنه عبارة عن عملية إصدار الحكم التي تستند إلى المعلومات أو الحقائق المتوافرة باعتماد أحد الطرق المنطقية والعقلية المتاحة.

تتألف آلة الاستدلال المعرفي من هيكل برمجي يستثمر العمليات الرياضية والمنطقية المتوافرة في برمجيات هندسة المعرفة لإصدار الأحكام، واتخاذ القرارات، وحل المشاكل والعقبات المعترضة.

بصورة عامة يتوافر بين أيدينا صنفان من آلة الاستدلال:

الأول، آلة استدلال «حتمية تقريرية» (Deterministic)، أساسها اليقين، وتوظف في معالجاتها العمليات الرياضية والمنطقية.

الثاني، آلة استدلال «احتمالية» (Probabilistic) تحتمل اللايقين، وتستخدم الطرق الإحصائية في معالجاتها الخبيرة.

وتوظف آلة الاستدلال المعرفي ثلاث آليات لإصدار الحكم هي:

١ ـ «السلاسل الأمامية» (Forward Chaining): حيث تستخدم فيها المعلومات والبيانات التي يوفرها المستخدم عن الموضوع للتنقل بين سلسلة من العمليات المنطقية التي تحكمها مجموعة من خيارات «الشمول أو الاستثناء» (And/Or) للوصول إلى نقطة النهاية التي تمثل كائناً معرفياً (أي حكم بشأن قضية، أو إثبات حقيقة أو هوية).

٢ ـ «السلاسل الارتجاعية» (Backward Chaining): تعتبر هذه العملية معكوس العملية السابقة حيث تستند في آلية عملها إلى فرضية (في ضوء البيانات والمعلومات المتوافرة) ثم طلب المعلومات من المستخدم لتأكيد صحة الفرضية أو إثبات تهافتها.

٣ ـ «القواعد/ القيمة» (Rule-Value Method): وهي أفضل التقنيات المستخدمة في آلة الاستدلال المعرفي، وتعتمد على مبدأ التنقل بين المعلومات والبيانات عبر سلسلة من القواعد التي تحاول استبعاد الأحكام التي تفتقر إلى اليقين واعتماد أكثر الارتباطات اليقينية القائمة بين المتغيرات. وكلما يزداد التعقيد المقيم في المسائل الشرعية (التي نتناولها بالدراسة والتحليل بواسطة النظم الخبيرة) تبرز الحاجة إلى استراتيجيات وبنى معرفية أكثر أحكاماً لوصف مفردات المسألة، ومعالجة القواعد المنطقية الحاكمة لمفرداتها المختلفة ضمن بيئة آلة الاستدلال المعرفي.

ويمكن بيان أهم الإجراءات التي يجب علينا اتخاذها لاحتواء مثل هذه الأمور، لكي يكون نظامنا الخبير أكثر قرباً من وصف المسألة، واقتراح إجابات دقيقة لعقباتها المعرفية:

أ ـ عندما يكون فضاء البحث محدوداً، وتكون البيانات والمعرفة المتوافرة بين أيدينا موثوقة، ويمكن التعويل عليها، نستطيع استخدام آليات «البحث الشامل» (Exhaustive Search)، أو الاستنتاج بواسطة «منظور أحادي» (Monotonic Reasoning).

ب ـ عندما تكون البيانات والمعرفة المتوافرة بين أيدينا، غير موثوقة، ولا يمكن التعويل عليها، تظهر الحاجة إلى دمج بيانات أكثر من واقعة واحدة، ومن أكثر من مورد معرفي. وتستخدم نماذج ذات طبيعة احتمالية أو مضبّبة.

ج ـ إذا كان نمط البيانات متغيراً على الدوام، فمن الأفضل التوجه صوب توظيف آلية «التوقع بإطلاق الحالة» (State-triggered Expectation).

د ـ عندما يكون فضاء البحث واسعاً، تكون آليات التوليد، أو الاختبار، أو التجريد الهرمي لبيانات المسألة الطريق الأمثل لبلوغ الهدف.

هـ ـ عندما تبرز أمامنا مسألة وجود تفاعلات مشتركة بين بعض مكونات النظام، يمكن تطبيق استراتيجية «التعهد الأدنى» (Least Commitment)، أو آلية «الانتشار المحدود» (Constraint Propagation).

و ـ عندما نجد أنفسنا قبالة الحاجة إلى تخمين النتائج المطلوبة، فيفضل استخدام آليات «الاستنتاج المقبول» (Plausible Reasoning)، أو «المسار الراجع» (Back Tracking).

ز ـ عندما تكون المعالجة أحادية الجانب للمسألة المطروحة غير كافية لاحتواء كل مفرداتها التفصيلية بعمليتي السبر والتقسيم، يصبح من الضروري اعتماد معالجات معرفية بمستويات متعددة من آليات الاستنتاج التي تستنبط مادتها من القواعد المعرفية المتاحة.

وتلحق بقاعدة مجموعة من القواعد التي استنبطت من الخبرة المتراكمة لدى الخبير، وصيغت بـ «أسلوب القواعد» (Rule-based Method) حيث توظف بوصفها أساساً منهجياً لإنشاء الأحكام، والتوصيات، والاستراتيجيات.

وتتكئ القواعد إلى عنصر الخبرة الذي يتخذ قراراً محدداً إزاء المتغيرات المنطقية أو الرياضية التي تحيط بالمسألة قيد الدراسة في ضوء الخبرة المتراكمة لدى الخبير أو مورد المعرفة المتاح.

تتألف الهيكلية المنطقية للقاعدة من عبارتين: **الأولى**، شرطية تبدأ بكلمة «إذا» (If)؛ و**الثانية**، تمثل جواب الشرط «Then» الذي يوظف الخبرة الموجودة في قاعدة المعرفة عند إصدار الحكم بشأن الواقعة. ويمكن أن يضاف إليها سلسلة من الاستثناءات تبدأ بعبارة «Else» تحدد فيها مسارات جديدة لتوجيه الحكم المُناظر لكل حالة من حالاتها.

سادساً: الآليات والمعالجات المعرفية التي تسود البيئة الخبيرة

ويمكن أن نعد النظم المرتكزة على المعرفة، بصورة عامة، والنظام الخبير بصورة خاصة، بوصفهما عمليتي انتقال تدريجي للخبرة البشرية إلى بيئة برمجية ذكية، تمتلك قواعد بيانات معرفية، ومجموعة من أدوات اكتساب العناصر المعرفية، تدعمها آلة الاستدلال. وقد ارتكزت عملية الانتقال على فرضية تؤكد إمكان استخلاص المورد المعرفي الذي يوظفه الخبير لصناعة قراراته، عبر سلسلة من عمليات الاستخلاص والمراجعة، وتكييفه وفق نمط رياضي منطقي يمكن أن يودع في قواعد معرفية، تدار مفرداته، وتوجّه بواسطة سلسلة من القواعد التي تحكمها آلة استدلال تتمتع بمستوى مقبول من الذكاء الذي يحاكي قدرات العقل البشري.

إن بناء نظام يرتكز على المورد المعرفي، يعني محاولة إنشاء أنموذج محوسب يهدف إلى منح النظام القدرة على حل الإشكاليات والإجابة عن مسائل

تقع ضمن حقل معرفي محدد، على أن يتمتع هذا النظام بمجموعة من القدرات الإدراكية التي تناظر إلى حد كبير، الممارسات التي يعتمدها الخبير البشري عند صناعة قراراته.

بصورة عامة، نود الإشارة إلى أن الحصيلة المعرفية لدى الخبير لا يمكن أن نظفر بنوالها بصورة مباشرة. فهناك جزء منها يستقر في دائرة اللاوعي حيث تنبثق قراراتنا بصورة مباشرة، من دون الحاجة إلى مراجعات يمارسها عقلنا الواعي. كما أن هناك مفردات أخرى لا يمكن الوصول إليها بصورة مباشرة كتلك التي تولد نتيجة سلسلة من المعالجات المنطقية، وتنشيط تلافيف الدماغ التي تستقر فيها تجاربنا السابقة. من أجل هذا سنلاحظ (خلال متابعاتنا للعمليات التي تمارس في بيئة هندسة المعرفة) أن عملية اكتساب المعرفة ليست عملية نقل مباشر لعناصر حصيلة المعرفية (تعنى بحقل محدد) إلى توصيف منطقي/رياضي يمكن أن يعالج في بيئة محوسبة ذكية، بل عبارة عن عملية إنشاء لأنموذج معرفي محوسب يسعى إلى ما يلي[١٠]:

- إنشاء هيكلة رياضية/منطقية تحاول مقاربة الواقع عبر سلسلة من العمليات البرمجية التي تنحو باتجاه صناعة قرارات تتسم بالذكاء.

- تتسم عملية إنشاء الأنموذج بنمط دوري، تعاد من خلاله عملية إعادة تشكيل عناصر الأنموذج المحوسب، وصقل قيم ثوابته، واكتساب المزيد من المفردات المعرفية، وإضافتها كمدخلات جديدة لزيادة دقته في صناعة القرار ومحاكاة عملية محاكمة مفردات الواقع.

- لما كانت عملية هيكلة الأنموذج ترتكز، في جل مراحلها، على الفهم الذي يتشكّل لدى مهندس المعرفة الذي يُعنى بعملية الإنشاء؛ لذا، لا يستبعد وجود أخطاء على المستويين المفاهيمي، والعملياتي، الأمر الذي يتطلب إجراء سلسلة من عمليات المراجعة وتقييم النتائج التي ينتجها الأنموذج بناء على تغذيته بمفردات من الواقع. وتسهم عملية التقييم في بيان مَواطن الضعف في محاكاة السلوك الخبير، وتدعم توجهنا نحو إجراء تعديلات جزئية، أو حاكمة، لضمان صناعة مستوى مقبول من القرارات الخبيرة، والمتوافقة مع متطلبات الواقع.

---

(١٠) Studer, Benjamins and Fensel, «Knowledge Engineering: Principles and Methods».

• تحديد مستوى محاكاة الأنموذج لسلوك الخبير، وقدرته على صناعة قرارات تقارب القرارات التي ينتجها العقل البشري، واعتمادها كنسبة لمستوى الموثوقية بما ينتج من قرارات في ميدان تخصصه المعرفي.

١ ـ اكتساب المعرفة

تعد عملية اكتساب المعرفة العمود الفقاري الذي يستمد منه مهندس المعرفة الأرضية، التي يرسّخ فيها ركائز أنموذج إدارة العمليات المعرفية، التي يمارسها نظامه الخبير. ويوجه المهندس اهتمامه إلى انتزاع الموارد المعرفية، من خلال توظيف مجموعة من تقنيات هندسة المعرفة، لضمان استخلاص مجموعة من المبادئ والمفاهيم التي تشكل أرضية صناعة القرار لدى الخبير، والتي تدعمها مجموعة القواعد المنطقية التي تستنبط من المنطق الاستدلالي الذي يمارسه الخبير عند معالجة المسائل التي تطرح عليه.

بيد أن عملية اكتساب المعرفة تشوبها مصاعب جمّة بسبب تباين أنماط المعالجات المنطقية والعقلية، التي يوظفها الخبير عند التعامل مع مختلف المسائل المطروحة عليه، أثناء تسلسل وقائع المسألة ذاتها. من أجل هذا، ذهب البعض إلى أن استخلاص عصارة الخبرة من الممارسات الميدانية، تعد العقبة الأهم على طريق اكتساب المعرفة، للأسباب الآتية:

ـ طبيعة الأنموذج المفاهيمي الذي يوظفه الخبير عند معالجته المسائل المطروحة، والتسلسل المنطقي لصناعة قراراته.

ـ عدم سريان القاعدة ذاتها في صناعة قرارات الخبير إزاء ما يطرح عليه من مسائل، فقد يستخدم نمطاً تقليدياً في صناعة قرار ما، بينما ينحو إلى استخدام أسلوب غير تقليدي، ويتسم بتعقيد ملحوظ عند التعامل مع مسألة أخرى في الحقل المعرفي ذاته.

ـ كلما تعمقت الحصيلة المعرفية لدى الخبرة، ازدادت الصعوبة أمام مهندس المعرفة في انتزاع المفردات المعرفية أو استخلاصها من النهج الذي يوظفه الخبير في معالجاته الخبيرة.

ـ قد لا يتفق تفسير مهندس المعرفة مع الفهم الذي يؤسسه الخبير في صناعة القرار، أو لا يتفق مسار تشكيل صيغة القواعد المنطقية التي ينشئها مع التسلسل المنطقي لدى الخبير.

ـ قد لا تتفق نزعة الحكم لدى الخبير مع الأسلوب الذي يعتمده مهندس المعرفة في توليد المعرفة من قواعد المعرفة عند صناعة قرار، أو توجيه مسار استدلال منطقي.

ـ صعوبة أو استحالة الإحاطة بجميع مفردات الحصيلة المعرفية التي يوظفها الخبير عند صناعته لقرار قد يلجئه إلى إجراء سلسلة تداعيات، أو استرجاع ذكريات محددة، الأمر الذي يسم الكثير من محاولات مهندس المعرفة بعدم الشمول، وحضور كثير من الفجوات المعرفية في فضاء القرار.

بصورة عامة، تتوافر بين أيدينا أكثر من آلية لضمان اكتساب جزء كبير من الحصيلة المعرفية التي يوظفها الخبير في حل الإشكاليات، وصناعة القرارات، والتي تتضمن[١١]:

ـ إجراء سلسلة لقاءات منهجية، وأخرى غير منهجية، حيث تطرح في اللقاءات المنهجية سلسلة من الأسئلة، التي أُعدت بصورة مسبقة، وتقدّم إلى الخبير لغرض بيان طبيعة السيناريوهات التي تعتمد إزاء كل حالة، (سواء كان السيناريو محدداً بطبيعة نهج المعالجة، أو كان محدداً ببعد زمني). ويمكن استثمار هذه المعلومات لتحديد نهج المعالجة للحالات المناظرة التي ستودع ضمن القواعد المعرفية للنظام الخبير. أما بالنسبة إلى اللقاءات غير المنهجية فتشمل طرح مهندس المعرفة مجموعة من الأسئلة، التي تدور في دائرة المسألة قيد الدراسة، لغرض الوقوف على طبيعة المعالجة العلمية التي يستخدمها الخبير للوصول إلى إجابة حاسمة بصددها.

ـ تحليل الأساليب المنهجية التي يعتمدها الخبير في معالجته للمسائل، أو الإشكاليات المطروحة، وكيفية صناعة القرار على أن تمارس هذه العملية من قبل الخبير بصوت مسموع، كي يتمكن مهندس المعرفة من تحديد معالم خارطة طريق المعالجة المعرفية، وكيف ينتزع الخبير قراره من ركام عناصر الخبرة، واحتمالات الواقع، مع ممارسة عملية الموازنة بين الخيارات التي يطرحها منطق النسق المعرفي الذي يشكّل أرضية فكره المنهجي.

ـ السعي إلى ملاحظ سلوك الخبير، ونهج معالجته للإشكاليات لبلوغ مهندس المعرفة مستوى مقبول على صعيد محاكاة سلوكه من خلال سلسلة قضايا منطقية محوسبة تتضمن صيغة: «ماذا لو؟» (What If?) لتحليل بنية السيناريوهات المحتملة.

---

(١١) المصدر نفسه.

ـ حث الخبير على استخدام «أدوات دعم هندسة المعرفة» (Computer-aided Knowledge Engineering Tools ‘CAKE’) لإنشاء مشجرات صناعة القرار، وجداول القرارات وقواعدها، و«مخططات التأثير» (Influence Diagrams) لغرض توفير تمثيل وسيط يمكن اعتماده في هيكلة قاعدة المعرفة المناظرة للحقل الذي نروم العمل عليه.

ولكي تتضح معالم هذه الآلية وكيفية تطبيقها في حقل دراستنا، سنحاول أن نبيّن طبيعة الآلية التي يمكن أن يمارسها مهندس المعرفة عندما يروم اقتناص «المعرفة الضمنية» (Tacit Knowledge) التي يمتلكها أحد نقاد الحديث ورجاله لضمان اكتساب معرفة رصينة يمكن استثمارها في نظام خبير متخصص بعلم الحديث:

أ ـ من الضروري أن يوجه مهندس المعرفة عنايته إلى اختيار أحد علماء الحديث المعاصرين، ممن يشهد له أهل العلم بالمعرفة والدراية في علوم الحديث، دراية ورواية، ليكون المورد الذي سيستنبط من خلاله مصادر المعرفة الحديثية المطلوبة، حيث ستتألف مصادر معرفته من مجموعة من المبادئ، والمفاهيم الأساسية، التي تشكلت منها أرضية معرفته الحديثية، إضافة إلى مجموعة القواعد التي قد تلقاها من أئمة الشأن، حول كيفية تتبع طريق رواية الحديث، وسبر موارد العلة، ونقد رواته وفق معايير أئمة الجرح والتعديل.

ب ـ تبدأ الجلسة الأولى لاكتساب المعرفة بمحاضرة يلقيها عالم الحديث على مهندس المعرفة، يبيّن له فيها أسس علم الحديث دراية ورواية، وأهم مرتكزات هذا العلم ونهج أئمة هذا الشأن في التعامل مع مسائله. بعدها يقوم مهندس المعرفة بشرح مبادئ هندسة المعرفة، وغاياتها، وما يروم نواله من عالم الحديث. ويسهم هذا اللقاء في توطيد الصلة بين الطرفين، كما يسهم في توضيح طبيعة المهام التي سينهض بها كل منهما لضمان إنشاء قاعدة معرفة حديثية رصينة.

ج ـ تبدأ الجلسة الثانية بين مهندس المعرفة وعالم الحديث في قيام الأول بطرح قائمة من الأسئلة العامة بوصفها المرحلة الأولى لاكتساب المعرفة الحديثية. وتتضمن هذه القائمة ما يأتي:

- خلال مراجعتك لمسائل تتعلق بعلوم الحديث دراية ورواية، يرجى بيان الخطوط العامة لعملية التفكير والمراجعة التي تمارسها، وكيفية سيرك باتجاه صناعة القرار وإصدار الحكم على حديث أو راوٍ من رواته، مع تحديد الخطوات التي تعتمدها في حل إشكالية تتعلق بعلم الحديث ومسائله المتنوعة.

• ما هي طبيعة العوامل التي تؤثر في إصـدارك للأحكام بصدد حديث من الأحاديث، أو راوٍ من رواة الحديث جرحاً وتعديلاً؟

• ما هي الأولويات التي تضعها نصب عينيك عند مراجعة هذه العوامل وسعيك إلى الترجيح بين الأدلة التي توافرت بين يديه؟

• كيف تمارِس عملية الترجيح بين مختلف الأدلة، وما هي المبادئ التي تعتمدها عند تخريج الأحاديث، والتنقير عن الشواهد والمتابعات، وكيف توازن بين أقوال أئمة الشأن توثيق الرواة أو رميهم بالضعف، وكيف تدرأ تهمة الضعف عن راوٍ، ومتى تدرجه على قائمة المحدثين الثقاة؟

• ما هو مستوى الثقة بكل حكم من الأحكام، وهل تتسم هذه الأحكام بالقطعية، أم أنها تتأرجح في قوتها بحسب كثرة الأدلة، أو غيرها من مقومات ترجيح بين الأدلة؟

• هل تكوّن لديك بحكم كثرة المراجعة والتدقيق، وتخريج الأحاديث، وسبر عللها، ونقد الرجال بمعايير صيارفته مجموعة من القواعد المرجحة، أو بيّنات يمكن أن تجعلك أكثر ثقة بما تذهب إليه من أحكام؟ وما هي الأمور التي تجعلك أكثر يقيناً بما تصدره من أحكام؟

• ما هي الدروس التي تعلمتها من أحكام ذهبت إليها، وثبت لك ـ بعد حين ـ تهافتها؟ وما هي الدروس التي تعلمتها بعد أن راجعت ما أخطأ فيه بعض المشتغلين في هذا الشأن، وكيف استثمرت ذلك في تجاوز أخطاء مماثلة عند معالجتك لمسائل محددة في علم الحديث؟

• هل يمكنك تزويدنا بمجموعة من المبادئ والقواعد الحديثية، مرتبةٍ بحسب الأولويات التي تراها جوهرية في التسلسل المنطقي لإصدار الأحكام ويمكن أن تستمدها من خبراتك الشخصية، أو من كتب أئمة الشأن في تخريج الأحاديث، وبيان عللها، وعبارات صيارفة رجال الحديث؟

• يمكن أن نطلب من الخبير/ المحدّث (منذ الجلسة الثانية لاكتساب المعرفة، أو خلال جولة جديدة/ الجولة الثالثة) بإعداد جدول أو هيكلة لموارد معرفته الحديثية باستخدام الإطار العام الآتي:

ـ ما هي المبادئ المُعتمدة في الحكم على الحديث، والموازنة بين الأقوال المنقولة في نقد الرجال؟

ـ ما هي أصناف الحكم على الرواية، وما هي عبارات الجرح والتعديل ودلالاتها لدى أئمة الجرح والتعديل، وفئات النقاد بين متساهل، ومتوسط، وآخر متشدد؟

ـ كيفية تشكيل خارطة القرارات في ضوء المبادئ والقواعد؟

ـ ما هي طبيعة الخطوات اللاحقة؟

ـ ما هي مصادر المعرفة الحديثية، وكيف يمكن بلوغ ما نريد من الحجم الهائل المتوافر بين أيدينا من مصنفات الحديث وعلومه؟

ومتى اكتملت عناصر الإطار العام، وتفاصيله، يمكن أن نطلب من عالم الحديث أن يدعمنا في تشكيل شبكة من العلاقات التي يمكن أن تبرر من خلالها مسارات الحكم الحديثي، التي يمكن أن تكون مادة أساسية في القاعدة المعرفية لنظامنا الخبير.

د ـ من الضروري أن يقوم مهندس المعرفة بمتابعة الخبير لاستكمال إجابة الأسئلة التي طرحها في الجلستين الأخيرتين، مع إعداد الإطار العام، وبكافة تفاصيله، والسعي إلى استكمال عناصر قاعدة المعرفة التي ستدعم النظام الحديثي الخبير.

هـ ـ حث الخبير على التواصل مع أدوات الحاسوب التي تدعم عمليات اكتساب المعرفة، والتعاون معه على استثمار قدراتها المتميزة في إنشاء مشجرات القرارات، ومخططات التأثير، التي يراها تمثل بجلاء هيكلة منطقه الحديثي في التعامل مع المسائل الحديثية.

و ـ بعد اكتمال عملية اكتساب المعرفة من الخبير، نشرع في عملية توصيفها، وتمثيلها بنسق رياضي/ منطقي بقصد إدراجها في نظامنا الخبير المحوسب.

ز ـ من الضروري إعادة مراجعة جميع عناصر النظام الخبير، وقاعدته المعرفية، وبحضور فاعل من قبل الخبير المحدّث للوقوف على مواطن قوته، وتحديد الفجوات المعرفية التي تبرز هنا وهناك، اثناء عمليات المراجعة، والتقييم.

أ ـ منهجية اكتساب المعرفة

بصورة عامة، يقوم مهندس المعرفة بمراجعة واعتماد المراجع التي تخص حقل النظام الخبير المزمع إنشاؤه، والتنقيب في قواعد بياناته، وإجراء لقاءات ونقاشات

مستفيضة مع الخبراء المتخصصين بهذا الحقل لاستخلاص أكبر كمٍّ ممكن من الحقائق، والمفردات المعرفية التي يمكن أن تستثمر في ترسيخ حصيلة معرفية كافية لإدارة المهام التي يمارسها النظام الخبير.

وتتألف عناصر المعرفة التي يقوم مهندس المعرفة باستخلاصها (من هذه الموارد المتنوعة) من «معارف صريحة» (Explicit Knowledge)، وأخرى «ضمنية» (Tacit Knowledge). وتتوافر المعرفة الصريحة في مختلف أشكال النتاج العلمي المطبوع للمفكّرين، والخبراء، والمتخصصين بحقول المعرفة بمختلف ميادينها، سواء كان المطبوع كتاباً، أو تقريراً، أو بحثاً منشوراً في مجلة علمية، أو غيرها من الموارد الرقمية، سواء كانت قواعد بيانات أو موارد رقمية للشيفرات البرمجية.

أما المعرفة الضمنية فموردها الأساس يكمن في الخبرة المتراكمة لدى الموارد البشرية العارفة. ولا يمكن لهذا النمط من المعرفة أن يقاس بالطرائق الكمية التقليدية، كونها تستقر في عقول الموارد البشرية التي خبرت المسائل المختلفة، فجمعت واستقصت الحقائق من هنا، وهناك، ثم قامت بتحليلها وسبر دلالتها، بآليات عقلية، ثم حولت عصارة خبرتها بهذه المسألة أو تلك إلى مجموعة من القواعد المنطقية التي تدير دفة السلوك والإجراءات إزاء مسائل مشابهة، فتذلل الصعاب بالتعامل معها، وتطرح حلولاً أكثر نجاعة بالتعامل معها، أو استثمار مواردها.

من أجل هذا، ينبغي أن يكون مهندس المعرفة على دراية تامة بالطرائق والآليات المناسبة لاستخلاص المعرفة، وبنوعيها الصريح والضمني، لكي يوفر لنظامه الخبير أرضية متينة وراسخة لصناعة قرارات سليمة وموضوعية.

وتعد منهجية اكتساب المعرفة دليلاً مهماً يسترشد به العاملون على استخلاص المادة المعرفية من مواردها البشرية، أو من مادة التراث المعرفي الإنساني، عند المباشرة بإعداد خططهم لاقتناص المفردات المعرفية من هذا المصدر، أو ذاك.

ويمكن تقسيم هذه المنهجية إلى أربع مراحل أساسية: (١) التخطيط لاكتساب المعرفة؛ (٢٩) عملية الاستخلاص المعرفي؛ (٣) عملية التحليل؛ (٤) التثبت من نتائج مراحل عملية اكتساب المعرفة (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ٥)).

الجدول الرقم (٦ ـ ٥)

مراحل منهجية اكتساب المعرفة المحوسبة

المرحلة	الخطوات
التخطيط لاكتساب المعرفة	ـ تحديد المجال المعرفي وفهم عناصره وخصائص بيئته. ـ تحديد هوية خبراء المجال ومن سيستثمرون قدرات النظام الخبير. ـ تحديد الإطار العام للمسألة التي سيعالجها النظام الخبير. ـ اختيار النماذج التي ستستخدم في عملية إنشاء تطبيقات النظام الخبير. ـ التخطيط لجلسات اكتساب المعرفة من الخبراء أو الموارد المعرفية.
عملية الاستخلاص المعرفي	ـ بيان نهج اكتساب المعرفة لمهندسي المعرفة والخبراء. ـ مناقشة أهداف جلسات ومراجعات اكتساب المعرفة من مواردها. ـ مباشرة جلسات مع الخبراء، وإجراء مراجعات للموارد لاكتساب المعرفة. ـ البدء باستخلاص المعرفة.
عملية التحليل	ـ تحليل مخرجات الجلسات، ومادة المراجعات وفق نهج معرفي محدد. ـ تحويل الخلاصة المعرفية إلى مجموعة من التوصيفات.
التثبت من النتائج	ـ تطوير مجموعة من سيناريوهات اختبار النتائج. ـ التثبت من الموارد المعرفية المحوسبة بواسطة خبراء بمادة النطاق.

المصدر: Jay Liebowitz, *The Handbook of Applied Expert Systems* (London: CRC Press LLC, 1999).

ب ـ الخرائط المعرفية

تعد الخرائط المعرفية (Knowledge Mapping) من الأساليب المعتمدة في تمثيل عناصر المعرفة ومركباتها من خلال مجموعة من العقد، التي تترابط في ما بينها بمجموعة من المتجهات التي تصل بين مجموعة من المبادئ والمفاهيم التي تترابط بعضها ببعض لتشكّل نسقاً شبكياً يصف نسيج العلاقات التي تصل هذه المفاهيم وتؤلف من مادتها خطاطة معرفية متماسكة.

ويمكن أن تصنف هذه الترابطات بحسب طبيعة العلاقة التي تقيمها بين عناصر الخطاطة ومبادئها، فتبرز أمامنا روابط مبسطة، وأخرى تتسم بسمات سببية، أو ترتبط بمحددات زمنية أو مكانية.

وتؤدي هذه الخرائط دوراً فاعلاً في منحنا مناخاً ذهنياً مناسباً يسهم في(١٢):

(١٢) Liebowitz, «Knowledge Management: Learning from Knowledge Engineering».

ـ توليد أفكار جديدة، وفتح آفاق رحبة أمام سلسلة من عمليات العصف الذهني.

ـ إنشاء نماذج رياضية، أو توليف هيكلة وأنساق منطقية لوصف ظواهر تتسم بتعقيد ملحوظ.

ـ تذليل العقبات التي قد تقف عقبة أمام تواصلنا مع نظم معرفية تتسم بالتعقيد، أو يشوبها اللايقين.

ـ تقييم مستوى التوافق بين فهمنا للظواهر المعقدة، وتحديد مستوى الانحراف عن بلوغ فهم سليم لماهيتها.

على هذا الأساس، تمارس الخارطة المعرفية/ المفاهيمية دوراً مهماً في إحداث نقلة مفاهيمية على صعيد تحويل عناصر المحتوى المعرفي إلى خطاطة يمكن وصف مادتها، بأسلوب مفسّر وبيّن، لا لبس فيه ولا إبهام.

وتتوافر مجموعة متنوعة من الخرائط المعرفية؛ فهناك «خرائط منظماتية» (Organizational Maps) تصف تراتبية تدفق المعرفة على المستوى التنظيمي، فتصف العلاقات المقيمة بين المواقع التي يتبوؤها الأشخاص، من جهة، والتفاعلات التي تنشب عن حضورهم وممارساتهم من جهة أخرى، فتؤثر في تدفق الموارد المعرفية وإدارتها داخل حدود المنظمة.

وهناك خارطة معرفية أخرى تستخدم لربط الرقع المعرفية، أو الخبرات مع الخبراء و/ أو الأشخاص الذين يقيمون في ساحة محددة من النشاط. وتحدد رموز هذه الخارطة، وشبكة العلاقات التي تربط بين عناصرها طبيعة العلاقة التي تربط في ما بينها، من جهة، وهوية النشاط المعرفي، وسريان المادة المعرفية بين هذه العناصر، من جهة أخرى.

أما النمط الثالث من هذه الخرائط فيُعنى بتحديد المساحات التي تمارس الأنشطة المعرفية على رقعتها، ومساحة الفجوات المعرفية المقيمة في أمكنة أخرى من المساحة الكلية التي تمارس عليها هذه الأنشطة. وتستثمر بيانات هذا النمط من الخرائط في تحديد معالم جغرافية النشاط المعرفي الحالي، ومسارات تطوير نطاق أنشطته بحيث يكون أكثر شمولاً.

وتستخدم في كثير من الأحيان «الشبكات الدلالية» (Semantic Networks) في وصف المتغيرات المعرفية من خلال ترسيخ حضور المفردات والعناصر المعرفية على هذه الخرائط بوصفها عقداً تقيم في أمكنة مختلفة على مساحة الخارطة، بينما يتم تمثيل

العلاقات القائمة بين هذه الكيانات المعرفية بواسطة مجموعة متنوعة من الترابطات التي تبيّن سيرورة النشاط المعرفي ومتجهاته.

٢ ـ التمثيل المعرفي

تُعنى أنشطة «التمثيل المعرفي» (Knowledge Representation) وممارسة عملية الاستنتاج المنطقي (في بيئة النظم الخبيرة) بدراسة كيفية توظيف الرموز، والصيغ الرياضية، والمنطقية لتمثيل ووصف حقل من حقول المعرفة بخطاب محوسب يمكن تناوله في بيئة النظام الخبير. وتستثمر آلة الاستدلال المقيمة في النظام هذه، الوصف الرمزي والرياضي لممارسة سلسلة من عمليات الاستنتاج حول الكيانات المعرفية التي يتم تناولها، فتعمّق قدراتنا على التعامل الإيجابي معها.

بصورة عامة يتوافر أكثر من نهج يمكن اعتماده في عملية التمثيل المعرفي، أهمها:

ـ استخدام «المنطق الصوري» (First Order Logic).

ـ استخدام «قواعد الاستنتاج» (Production Rules).

ـ استخدام «الأطر» المنطقية» (Frames).

ـ استخدام «الشبكات الدلالية» (Semantic Networks).

بصورة عامة يفتقر أي نهج للتمثيل المعرفي إلى مجموعة من عناصر المعرفة الواقعية التي تعد جزءاً جوهرياً لدقة عملية التمثيل. ومن هذه العناصر:

- الثوابت (Constants).
- المتغيرات (Variables).
- الدوالّ الرياضية والمنطقية (Functions).
- المحمولات (Predicates).
- دوالّ ترتبط مخرجاتها بالقيم البوليانية (Boolean Values) (صادقة/ كاذبة أو ٠/ ١).
- صيغ وضعية أُعدت لوصف حالات محددة.
- سلسلة من الرموز التي تنتجها المعالجات المنطقية.

وسنحاول أن نقوم بمراجعة سريعة لأهم الأساليب والنُّهج المستخدمة في عملية التمثيل المعرفي، لتتضح معالم هذا النمط من المعالجات، ويترسخ في أذهاننا الدور الذي تمارسه في هيكلة عناصر المعرفة في بيئة النظام الخبير.

أ ـ أساليب التمثيل المعرفي

إن أهم مميزات برمجيات هندسة المعرفة هي توظيفها لمفردات الخبرة كأساس تستمد منه قابليتها على حل المشاكل واقتراح الخيارات المختلفة بصدد مسألة محددة. لذا، فإن التعامل مع الصيغ الرياضية ـ فقط ـ لا تتطابق مع متطلبات هذا النوع من البرمجيات الذي ينحو إلى توليد سلوك ذكي يتسم بالخبرة والحنكة في معالجة المواقف.

لذا فإن عملية توصيف المعرفة تشمل: اختزان مفردات المعرفة، وآليات المعالجة، وشبكة العلاقات والقواعد، التي تربط بين المتغيرات في أنموذج تتكامل فيه الأواصر القائمة بين هذه المفردات، بالشكل الذي يضمن بيئة برمجية متكاملة تمتلك القدرة على صنع قرار يستثمر محتويات قاعدة المعرفة في تحقيق الغايات المحددة له. يضاف إلى ذلك، ضرورة توفير قاعدة رصينة تشمل جملة من المعارف المعاصرة: كالمنطق المشوش (Fuzzy Logic)، والمنطق الجزئي، والمعارف التي «يصعب توصيفها» (Hard To Represent)، والحس العام (Common Sense)، والتي يفترض توافرها لكي تكتمل جوانب محاكاة برنامج هندسة المعرفة للقدرات المتوافرة لدى العقل البشري.

عمد العالم[١٣] إلى اقتراح **أربعة مستويات** لوصف المعرفة ضمن النظم الخبيرة هي التالية:

المستوى الأول، مستوى التنفيذ (Implementation Level): الذي يعنى بدراسة إمكانية إنشاء برنامج حاسوبي يترجم اللغة المستخدمة لوصف المعرفة إلى إيعازات برمجية قابلة للتنفيذ ضمن حدود البيئة البرمجية.

المستوى الثاني، مستوى المنطق (Logic Level): الذي يهتم بدراسة خصائص الأوصاف المنطقية للغة المستخدمة في وصف المعرفة، مثل معاني الصيغ المنطقية، والدلالات المصاحبة لطرق الاستدلال المنطقي المختلفة.

المستوى الثالث، مستوى معرفي (Epistemological Level): يعنى بدراسة البنى والهياكل المعرفية، واستراتيجية الاستدلال المستبطنة في اللغة المستخدمة في وصف المعرفة.

---

(١٣) Han Reichgelt, *Knowledge Representation: An Ai Perspective*, Tutorial Monographs in Cognitive Science (New York: Albex Publication, 1991), p. 47.

المستوى الرابع، مستوى مفاهيمي (Conceptual Level): يهتم بدراسة تفاصيل المبادئ المفاهيمية (كالحقائق، والكائنات المعرفية، والقواعد)، التي تتألف منها اللغة المستخدمة في وصف المعرفة. ويمكن إجمال أهم التقنيات المستخدمة في توصيف المعرفة بما يلي:

(أ) أسلوب مرتكز على القواعد (Rule-based Method): يعد هذا الأسلوب الأكثر شيوعاً في ميدان توصيف المعرفة، حيث يستند إلى القواعد بوصفها أساساً منهجياً لإنشاء الأحكام، والتوصيات، والاستراتيجيات. تتكئ القواعد إلى عنصر الخبرة الذي يتخذ قراراً محدداً إزاء المتغيرات المنطقية أو الرياضية التي تحيط بالمسألة قيد الدراسة في ضوء الخبرة المتراكمة لديه.

تتألف بينة القاعدة من عبارتين: (الأولى) شرطية تبدأ بكلمة إذا (If)، و(الثانية) تمثل جواب الشرط (Then) الذي يوظف الخبرة الموجودة في قاعدة المعرفة في إصدار الحكم بشأن الواقعة. مثال على ذلك:

(١) إذا ارتفعت قيمة الأسهم...

إذن ابتدئ بعملية الشراء...

(٢) إذا كان مقدار التذبذب في سعر البضاعة أكثر من ١٠ بالمئة...

إذن فإن السوق يمر بحالة غير مستقرة...

تمثل القاعدتان أعلاه جزءاً مقتطعاً من إحدى برمجيات هندسة المعرفة التي تعنى بتحديد أسلوب التعامل في ميدان التجارة والأعمال.

إن تحقق الجزء الأول (الشرطي) من القاعدة، ينجم عنه إصدار الحكم بشأن القضية، وإرساء (جواب الشرط) بوصفه حكماً معرفياً بصدد هذه القضية.

تفيد هذه التقنية في ميادين حل المعادلات التفاضلية (Differential Equations)، والقضايا التي تستند إلى الخوارزميات، والتي تفتقر إلى حسابات رياضية أو منطقية معقدة قبل إصدار الحكم.

(ب) الشبكات الدلالية: يستخدم اصطلاح شبكة الدلالات (Semantic Network) لوصف أسلوب الهيكل في توصيف مفردات المعرفة المختلفة. وتتكون شبكة الدلالات من مجموعة من العقد، وارتباطات كائنة بين هذه العقد.

تتألف العقد من حقائق (Facts)، أو كائنات (Objects)، أو مفاهيم (Concepts)، أو أحداث (Events). وتسهم الارتباطات المقيمة في ما بينها بتحديد طبيعة العلاقات القائمة بين العقد.

تتخذ المسارات الموجودة بين العقد عدة عبارات منطقية، أهمها:

علاقة إثبات الهوية (Isa)، وعلاقة الجزئية (Has-Part).

(ج) أسلوب الأطرف لتوصيف المعرفة (Frame-based Method): يمكن تعريف الإطار (Frame) بأنه عبارة عن مجموعة من الخصائص التي تميز الكائن، وتسهم في توصيف المعلومات والمعارف. ويتم تمثيل كل خاصية من الخصائص بحيّز (Slot) يتم إشغاله بقيمة محددة، أو قيمة افتراضية، أو إطار آخر، أو إجراء محدد.

ويطلق على عملية إدراج نسق إجراءات محددة في هذا الحيّز اصطلاح الإلصاق الإجرائي (Procedural Attachment).

وترتبط كل عقدة بفعالية إجرائية تصبح قابلة للتنفيذ إذا تحققت الشروط أو المفاهيم بحدودها العامة، ثم تزداد تخصيصاً مع تقدمنا باتجاه العقدة الأخيرة الموجودة في الأطر.

ب ـ القواعد المنطقية

تعتمد المعالجات المنطقية على مبدأ الجمع بين «المنطق الحملي» (Predicate Logic) و«المنطق المفهومي» (Propositional Logic). ويعتمد المنطق المفهومي مبدأ طرح مجموعة من اقتراحات على شكل تصريحات قد تكون صادقة أو كاذبة. ويوجه المنطق اهتمامه نحو القيم الصادقة للتصريحات الكاملة، ولا يولي اهتماماً بالعلاقات أو اعتماد الكيانات بعضها على البعض الآخر.

بالمقابل، يعدّ المنطق الحملي امتداداً وتعميماً للمنطق المفهومي، وتحتوي صيغه وعباراته على متغيرات يمكن معالجتها بنهج كمّي. ولعل من أهم المحددات الكمية التي تستخدم في هذا النمط من المعالجات المنطقية، المحددات «الوجودية» (Existential) والمحددات «الشاملة» (Universal). ويمكن أن تكون المتغيرات عناصر من الكون، أو علاقات ودوالّ تسري في فضائه.

وتسود **ثلاثة** أنماط من أساليب البرهنة والمقايسة المنطقي في بيئة التمثيل المعرفي للنظم الخبيرة هي:

(١) الاستنباط (Deduction): وتشمل المعالجات المنطقية التي يكون الاستنتاج تابعاً لمجموعة من المقدمات المنطقية، حيث تمارس عملية الاستدلال العقلي من العام باتجاه الخاص.

(٢) الاستقراء (Induction): عملية منطقية قوامها الانتقال من عدة قضايا معينة، عموماً، فريدة أو خاصة، إلى قضية، أو عدد أصغر من القضايا، وذلك بالانتقال من الخاص باتجاه العام.

(٣) الترجيح/الاحتمال (Abduction): وهو نمط من المقايسة المنطقية التي تكون مقدمته الكبرى يقينية، بينما تكون مقدمته الصغرى محتملة. وليس للاستنتاج سوى أرجحية مساوية لاستنتاج الصغرى.

وتوظف عمليات البرهنة والاستنتاج مجموعة من العناصر والمفردات التي تتألف منها مادة الخطاب المنطقي الذي يستخدم بكثافة في عملية التمثيل المعرفي (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ٦)).

الجدول الرقم (٦ ـ ٦)

العناصر التي تتركب منها العبارات والقضايا المنطقية

العنصر		الوصف
التعبير/المصطلح	Term	يستخدم المصطلح للتعبير عن كينونة ما في العالم الذي نقطن فيه. تعد المتغيرات تعابير لدوالّ تضم تعاقباً محدداً من هذه المتغيرات.
الصيغة	Formula	تستخدم الصيغة لوصف افتراض أو مسألة محددة. تتألف الصيغة الذرية (Atomic Formula) من مسند يتألف من مجموعة تعاقبات. الحروف Literals التي تمثّل صيغاً ذرية، أو صيغاً مرفوضة. تعد كل من الحروف صيغاً منسّقة، ويلتحق بها الصيغ التي تحتوي على محددات كمية.
العبارة	Sentence	العبارة تمثل أي صيغة يكون فيها حضور جميع المتغيرات ضمن الإطار العام للمحددات المناظرة لها.
البند	Clause	يتمثل بصيغة منسّقة تتألف من حروف، أو حروف منفصلة (بواسطة صيغة أو).

بصورة عامة، توظف خمسة أنماط دلالية ضمن الهيكلة المنطقية للقواعد التي تستخدم في النظام الخبير:

النمط الأول، إنشاء العلاقة بين متغيرين:

إذا غاب الصحابي عن سند الحديث...

إذن الحديث مرسل.

النمط الثاني، إصدار توصية أو نصح:

إذا كان الحديث ضعيفاً...

إذن لا يمكن الاحتجاج به.

النمط الثالث، التوجيه باعتماد نهج محدد:

إذا كان الحديث ضعيفاً...

إذن لا يعتمد في مسائل العقيدة.

النمط الرابع، قواعد توجه إلى حسن إدارة الأمور:

إذا كان الراوي قد ضعفه صيارفة الرجال...

ولم تتبين سبب الجرح...

إذن تأكد إن كان الجرح مفسّراً.

تم التأكد من أن الجرح مفسّر.

النمط الخامس، قواعد استدلالية (Heuristics):

إذا كان الحديث ضعيفاً بذاته...

وكان للحديث شواهد ومتابعات؛

الحديث ضعيف بذاته... حسنٌ لغيره.

تعدّ القواعد المنطقية من أكثر الأنماط استخداماً في عملية التمثيل المعرفي. وتتألف هيكلة القاعدة من بنية لغوية/ منطقية تربط بين افتراض حالة بعبارة «إذا» (If) ونردفها بإجراء تتضمنه عبارة «إذن» (Then).

ويطلق على الجزء الأول من القاعدة اصطلاح «العنصر الشرطي للقضية المنطقية» (Antecedent) أو الشرط/ الافتراض الأساسي (Premise)، بينما يطلق على الجزء الثاني اصطلاح «النتيجة المنطقية» (Consequence) أو الاستنتاج/ الاجراء.

إذا «تحقق عنصر شرطي لقضية منطقية»...

إذن «هناك إجراء بوصفه نتيجة منطقية لذلك».

وقد تحتوي القاعدة ذاتها، في بعض الأحيان، على أكثر من نتيجة منطقية، ترتبط بعبارة «And» الاقترانية، أو عبارة «Or» الفاصلة، أو جامع في ما بينهما.

من جهة أخرى، يتألف العنصر الشرطي للقضية المنطقية من قسمين: من «كينونة لغوية» (Linguistic Object) والقيمة المناظرة لحضورها في القضية الشرطية. ويصار إلى ربط الكينونة اللغوية مع قيمتها بواسطة «معامل» رياضي (Operator).

ويقوم المعامل الرياضي بتمييز هوية الكينونة اللغوية، ويحدد القيمة المناظرة لها من خلال مجموعة متنوعة من الصيغ (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ٧)).

الجدول الرقم (٦ ـ ٧)

الصيغ التي تستخدم لتحديد قيم الكينونات اللغوية في القواعد المنطقية

الرمز أو العلاقة	الصياغات المتاحة
متغيرات Variables	عدد غير محدود من المتغيرات.
حروف عطف Connectives	و، أو، ليس، يتضمن.
علامات ترقيم Punctuations	متنوعة.
مساواة Equality	علامة المساواة.
ثوابت Constants	عدد غير محدود من الخصائص الثابتة.
محمولات أو مسندات Predicates	محمول واحد على الأقل.
دوالّ رياضية Functions	عدد غير محدود من الصيغ الرياضية.

أضف إلى ذلك أن القواعد يمكن أن تتضمن إرشادات، وتوصيات، وتوجيهات لبيان خارطة طريق، أو تبني استراتيجيا للتعامل مع مجال محدد.

ج ـ معالجة مبدأ الريبة في عملية التمثيل المعرفي

لا يمكن أن نضمن عملية التمثيل المعرفي من حضور مبدأ الريبة، أو غياب الدقة، وبروز التشوّش المفاهيمي في مساحات محددة من فضائها المعرفي. وينشأ ذلك نتيجة لسمة التعقيد التي ربما تسود مسألة من المسائل، أو البيئة التي برزت فيها، أو لتداخل العلاقات وتشابكها مع بعض العناصر.

وتتسم النظم الخبيرة بقدرتها الفريدة على التعامل مع المسائل التي قد تسودها الريبة، أو ينشب فيها التشويش في بعض حالاتها كونها تحاكي أسلوب الاستدلال البشري، الذي يمتلك هذه القدرات، وقد نجح في تجاوز محنة التشويش وتداعياتها عند تعامله مع المسائل التي تشخص عقبة أمامه في حياته اليومية. ولعل من الأساليب الناجعة لتجاوز تداعيات مبدأ الريبة:

- استخدام معامل الثقة قبالة كل قرار من القرارات التي يصدرها النظام الخبير لتحديد مستوى الثقة بقراراته.

- تبنّي أساليب الاستدلال الاحتمالي، وزجّ أدوات الاحتمال وآلياته، لتوفير إجابات أكثر قرباً من التغيرات المحتملة على أرض الواقع.

- توظيف آلة المنطق المضبب، التي تمتلك القدرة على التعامل مع سمة التشويش وغياب الدقة في مظاهر الحياة اليومية، والميل نحو الحوسبة بالكلمات عندما تغيب القدرة على الوصف الكمّي والدقيق للعناصر التي نتعامل معها.

سابعاً: نماذج تطبيقية لنظم إسلامية خبيرة

تظهر المراجعة المتأنية لموارد الشريعة وجود تقارب كبير بين الخطاطة المعرفية للنظام الخبير، والمنهجية التي اعتمدها أئمة العلوم الشرعية في ميادين الحديث النبوي، والفقه، وأصوله. ونقصد بهذه المنهجية باعتبارها متعلق هذه العلوم، السبّل النظرية والمسالك الإجرائية التي يسلكها أئمة العلوم الشرعية أثناء ممارساتهم الشرعية. فإذا كان علم أصول الفقه (على سبيل المثال لا الحصر) علم بجملة قواعد تؤسس أن هذا الشيء واجب، أو مندوب لفعل أو لمجموعة من الأفعال إضافة إلى مكلف أو إلى مجموعة مكلفين، انطلاقاً من تحليل عناصر خطاب شرعي، فإن علم أصول الفقه سيكون العلم

بالقواعد التي يتوصل بها إلى أحوال الأدلة الموصلة إلى الأحكام الشرعية، وأقسامها واختلاف مراتبها[١٤].

وهي خطاطة تقارب إلى حد كبير خطاطة النظام الخبير وتعامله مع الموارد المعرفية التي يتعامل معها.

ونجد توجهاً كبيراً لأئمة العلوم الإسلامية نحو صوغ قواعد تؤسس الأحكام، وتوفر مناخاً مناسباً لتوسيع دائرة الأحكام والمقايسة. فقد ذكر الإمام القرافي في كتابه **الفروق**[١٥] أن الشريعة المحمدية اشتملت على قسمين من الأصول: **أحدهما**، أصول الفقه الذي يشتمل على قواعد الأحكام الناشئة عن ألفاظ لغتنا العربية، وما يعرض لتلك الألفاظ من نسخ، وترجيح، وبيان دلالة: أن الأمر للوجوب، والنهي للتحريم، إلى غير ذلك؛ أما **الثاني**، فقواعد كلية، كثيرة العدد، جليلة المحتوى والمدد، حوت أسرار الشرع، وحكمه الجليلة. وينضوي تحت كل قاعدة من هذه القواعد من فروع الشريعة ما لا يحصى، تعد ثروة معرفية للمشتغلين بعلوم الشريعة.

والقاعدة قضية كلية تنضوي تحت مظلتها جزئيات كثيرة، وتستوعب فروعاً ومسائل من أبواب متفرقة. وقد تنطبق القاعدة على جميع الفروع التي تدخل تحتها، وإما أن تشمل أغلب الجزئيات أو أكثرها، ويستثنى منها بعض الفروع أو الجزئيات.

فعلى سبيل المثال، رد فقهاء الأمة القواعد الفقهية التي تدور حولها جلّ مسائل الفقه الإسلامي إلى خمسة مسائل:

- الأمور بمقاصدها.
- اليقين لا يزول بالشّك.
- المشقّة تجلب التيسير.
- الضرر يزال.
- العادة محكمة.

ويمكن لهذه القواعد الكلية أن تشكّل مورداً معرفياً تنير أمام الفقيه طريقاً واسعاً لدراسة أبواب الفقه، ومعرفة الأحكام الشرعية المناظرة للمسائل التي تعرض عليه،

(١٤) حمو النقّاري، **المنهجية الأصولية والمنطق اليوناني من خلال أبي حامد الغزالي وتقي الدين بن تيمية** (بيروت: الشبكة العربية للأبحاث والنشر، ٢٠١٣).

(١٥) أبو العباس أحمد بن إدريس القرافي، **الفروق**، ٤ ج (القاهرة: مطبعة دار إحياء الكتب العربية، ١٣٤٤ ـ ١٣٤٦هـ/ [١٩٢٥ ـ ١٩٢٧م])، ج ١، ص ٢ ـ ٣.

واستنباط الحلول المناسبة للوقائع المتجددة، والإشكاليات المتكررة، والحوادث التي يفرزها واقعنا المعاصر[١٦]. فيمكن أن نوسّع دائرة القاعدة الأولى في مجموعة جديدة من القواعد الثانوية، مثل:

- العبرة بالقصد والمعنى لا باللفظ والمبنى.
- لا ثواب إلا بنيّة.
- إدارة الأمور في الأحكام على قصدها.
- المقاصد والاعتقادات معتبرة في التصرفات والعادات.

ولكي نوَضح كيفية توظيف نهج الاستدلال المعرفي للنظام الخبير في حقول المعرفة الإسلامية، سنعالج مسألتين: تقع **الأولى** في دائرة علوم الحديث دراية ورواية. أما **الثانية** فسنعالج من خلالها إحدى المسائل الفقهية، حيث وقع اختيارنا على مسألة اللقطة والقواعد الحاكمة لأحكامها الشرعية. يمكن أن نتعامل مع القضية الشرعية بوصفها مسألة معرفية يمكن أن تستمد وتستخلص من نص شرعي حاضر، باعتباره دليلاً يوجّه مسارات فائدة شرعية يمكن أن ينتجها نظام خبير محوسب.

ونود الإشارة إلى أن حضور النص الشرعي لا يقتصر على جلائه ووضوحه، ولكنه يفتقر إلى سلّم للتأويل يمكن أن يترسّخ حضوره من خلال سلسلة من القواعد التي يوظّفها «الفقيه/ الخبير» لتأويل النص، وفق النسق المفاهيمي الذي يسود بيئة المنطق الأصولي ضمن قطاع من قطاعات الفقه الذي يعتمده أحد مذاهب الفقهية الأربعة.

ولكي يمارس النظام الخبير دوراً مقارباً لدور الفقيه أو الأصولي، ينبغي أن يمارس مهمة التأويل من خلال الاستفادة من النصوص الشرعية، ومدلولاتها من القضايا الشرعية المناظرة، مؤسساً استنتاجاته على القواعد التي يوظفها الأصولي، والتي تشكّل بمجموعها ما أطلق عليه البعض اصطلاح «السيمياء الشرعية»[١٧].

ولما كانت النصوص الشرعية تتسم بكونها أنساقاً مفتوحة، ستشخص أمام نظامنا مرحلتان أساسيتان:

الأولى، تتضمن سلسلة من القواعد المنطقية/ الأصولية التي توظّف لاستخراج القضية الشرعية من الفهم الشرعي للمنطوق، حيث يمارس خلالها الفقيه أو الأصولي

(١٦) محمد مصطفى الزحيلي، **القواعد الفقهية وتطبيقاتها في المذاهب الأربعة** (دمشق: دار الفكر، ٢٠٠٦).
(١٧) النقّاري، **المنهجية الأصولية والمنطق اليوناني من خلال أبي حامد الغزالي وتقي الدين بن تيمية**.

مهمة تأويل خطاب المشرّع، وفق جملة من القواعد التي تسود بيئة المنطق الأصولي للمذهب الذي ينافح عنه.

الثانية، توسيع دائرة استخراج واستنباط القضية الشرعية عبر مستوى معرفي جديد يتضمن تعدية الأحكام الشرعية إلى المسكوت عنه، وذلك من خلال توظيف نتائج المرحلة السابقة لتوليد قضايا شرعية جديدة. وهو توليد مؤسس على جملة من القواعد تشكل مجال اهتمام المنطق الشرعي(١٨).

وبناء على ذلك ستتألف مكونات القضية الشرعية التي سيصدرها النظام الخبير من العناصر الآتية:

- طبيعة الحكم الشرعي المناظر للقضية، الذي سيتضمن أحد هذه الأحكام، وهي: الوجوب، الحرمة، الندب، الكراهة، أو الإباحة.
- الفعل أو الترك.
- هوية المكلف وفق معايير ضوابط الأهلية.
- فئة التكليف الشرعي ضمن هرمية التكاليف الشرعية.
- مناط المكلّف.
- مناط المكلّف به.
- قيود المكلّف والمكلّف به.
- الترابطات المقيمة بين هذه العناصر.

وسنحاول توضيح هذا الأنموذج من خلال مناقشة كيفية صوغ قواعد منطقية/ فقهية لمعالجة مسألة إباحة الإفطار في المرض والسفر بناء على ما جاء في قوله تعالى: **﴿فَمَن كَانَ مِنكُم مَرِيضاً أو عَلَىٰ سَفَرٍ فَعِدَّةٌ مِنْ أَيَّامٍ أُخَر﴾**(١٩).

ويمكن أن نوضح المسألة من خلال طرح جملة من المسائل(٢٠):

المسألة الأولى، تحديد مفهوم المرض الذي يسقط حكم وجوب الصوم على المكلّف.

المسألة الثانية، خصائص السفر الذي يبيح إفطار المكلّف.

---

(١٨) المصدر نفسه.

(١٩) **القرآن الكريم**، «سورة البقرة،» الآية ١٨٤.

(٢٠) أبو عبد الله محمد بن أحمد القرطبي، **الجامع لأحكام القرآن**، ٢٠ ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٣٥١ ـ ١٣٦٩هـ/ ١٩٣٣ ـ ١٩٥٠م)، ج ٢، ص ٢٧٦ ـ ٢٧٧.

المسألة الثالثة، تعدية الحكم على مشاقّ أُخر يمكن أن تقاس أحكامها على هذه الرخصة.

ولا يمكن أن نشرع بإعداد القواعد المعرفية من دون أن تتوافر لنا مرجعية علمية تستمد من فقيه أو أصولي يحدد لنا منطق استمداد القضية الشرعية من موارد الشريعة الإسلامية. وتظهر مراجعة أئمة الشأن في ميدان الفقه وأصوله، ومصنفات أحكام القرآن، عناصر هذه القضية التي نروم إدراجها ضمن نظامنا الخبير الذي يُعنى بجملة من المسائل الفقهية (انظر الجدول الرقم (٦ ـ ٨)).

الجدول الرقم (٦ ـ ٨)

عناصر القضية الفقهية التي تخص إباحة إفطار المريض والمسافر

المحور	**التفاصيل التي تستمد منها القاعدة المحوسبة**
المريض	الحالة الأولى: لا يطيق المريض الصيام. الحالة الثانية: يطيق المريض الصيام مع تضرر ومشقة جسيمة. الحالة الثالثة: أي مرض يصيب المكلف دون شرط المشقة.
السفر	الحالة الأولى: تباح الرخصة لمن سافر سفراً يبيح قصر الصلاة. الحالة الثانية: تباح الرخصة لسفر الطاعة دون سفر المعصية. الحالة الثالثة: هناك آراء حول حكم سفر التجارة ومباشرة المباحات.
حكم الإفطار	الحالة الأولى: إن كان المريض لا يطيق الصيام كان الإفطار عزيمة. الحالة الثانية: إن كان المريض يطيق الصيام مع ضرر ومشقة كان الإفطار رخصة. الحالة الثالثة: مطلق المرض يبيح للمكلف الإفطار.
تعدية الحكم	سبر علة إباحة الإفطار للمريض والمسافر، حيث تبرز أمامنا حالتان: الحالة الأولى: العلة هي إسقاط المشقة عن المكلّف وفيها توسّع. الحالة الثانية: العلة هي إسقاط المشقة عن المسافر والمريض فلا تقاس الحالة ولا يتم التوسّع بالحكم ما لم يشرف المكلف على هلاك محقق، أو مشقة لا تحتمل.

المصدر: أبو عبد الله محمد بن أحمد القرطبي، **الجامع لأحكام القرآن،** ٢٠ ج (القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٣٥١ ـ ١٣٦٩هـ/ ١٩٣٣ ـ ١٩٥٠م)، ج ٢، ص ٢٧٦ ـ ٢٧٨؛ أبو بكر محمد بن عبد الله بن العربي، **أحكام القرآن،** راجع أصوله وخرّج أحاديثه وعلّق عليه محمد عبد القادر عطا، ٤ ج (بيروت: دار الكتب العلمية، ٢٠٠٨)، ج ١، ص ١١٠ ـ ١١٢، ومحمد بن علي الشوكاني، **فتح القدير: الجامع بين فني الرواية والدراية من علم التفسير،** ٥ ج (القاهرة: مطبعة مصطفى البابي الحلبي وأولاده، ١٣٤٩ ـ ١٣٥١هـ/ [١٩٣٠ ـ ١٩٣٢م])، ج ١، ص ٢٠٧.

ويمكن استثمار هذه العناصر وحالاتها المتعددة في إنشاء هيكلة منطقية، تستمد مشروعيتها من فقه الفقيه أو الأصولي، كما يمكن أن توفر إجابات حاسمة بصدد مسائل الصيام في السفر والمرض. وتبقى مسألة أخرى تخص المعالجة الأصولية والفقهية التي تعتمدها مختلف المدارس الفقهية في التعامل مع كل مسألة من هذه المسائل، شريطة أن تكون مشفوعة بأدلتها لتكون أكثر إقناعاً لمن يستخدم النظام الخبير.

١ ـ الشاهد الأول: نظام فقهي خبير

إذا أردنا أن نهيئ مادة يمكن حوسبتها في نظام فقهي خبير، سيكون لزاماً علينا تهيئة المواد المعرفية المطلوبة لنظام قاعدة المعرفة، تدعمها مجموعة من القواعد المنطقية التي ترتكز على أصول الفقه، وموارد الفقه الإسلامي لكي تكون صالحة للقيام بدورها في الإجابة عن المسائل التي قد تطرأ على أذهان مستخدمي النظام بخصوص مسألة محددة.

ونظراً إلى كون المقام لا يتسع لإنشاء نظام فقهي خبير يضم مسائل الفقه الإسلامي، توجهنا نحو انتخاب مسألة لا تتسم بكثير من التعقيد من خزانة المباحث الفقهية التي تخص مسألة «اللّقطة».

سنحاول تجزئة عناصر قاعدة المعرفة وقواعدها إلى قسمين:

القسم الأول، الحقائق أو المبادئ: وتستمد من اصطلاح اللقطة لدى الفقهاء[٢١]:

المبدأ	الوصف
هوية اللقطة	ـ المال الضائع من صاحبه يلتقطه غيره. ـ الشيء الذي يجده المرء مُلقى فيأخذه أمانة.
جنس اللقطة	قد تكون جماداً أو حيواناً.
مكان اللقطة	لا يستثنى العثور عليها في منطقة عامرة أو في فلاة.

(٢١) محمد بن علي بن محمد الشوكاني، **فتح القدير: الجامع بين فني الرواية والدراية من علم التفسير**، ٦ ج (القاهرة: مطبعة مصطفى البابي الحلبي وأولاده، ١٣٤٩ ـ ١٣٥١هـ/[١٩٣٠ ـ ١٩٣٢م])، ج ٦، ص ١١٨، ومحمد بن أحمد الخطيب الشربيني، **مغني المحتاج**، ج ٢، ص ٤٠٦؛ أحمد بن علي بن محمد بن حجر الهيتمي، **فتح الجواد بشرح الإرشاد على متن الإرشاد**، ج ١، ص ٦٣٠، وعبد الله بن أحمد بن محمد بن قدامة المقدسي، **المغني ويليه الشرح الكبير**، ج ٦، ص ٣١٨.

القسم الثاني، القواعد الفقهية التي تستمد من الأحكام التفصيلية للّقطة لدى أئمة المذاهب الفقهية:

القاعدة الأولى: حكم الالتقاط		
إذا (IF)	**إذن** (THEN)	**السبب**
عثرت على لقطة	يجب التقاطها	إن كانت بين قوم غير مأمونين.
	يستحب التقاطها	متى وثق الملتقط بأمانة نفسه.
	يكره التقاطها	متى خاف الملتقط خيانة نفسه.
	يحرّم التقاطها	إن علم المرء خيانة نفسه.
	إجراء آخر (ELSE)	
	تترك في محلها	الأولى والأسلم.

القاعدة الثانية: الإشهاد على اللقطة وتعريفها		
إذا (IF)	**إذن** (THEN)	**السبب**
التقط المرء اللّقطة	يعرّفها	الشيء اليسير الذي ينتفع به. الكثير الذي له بال. ما لا يبقى بيد الملتقط كالطعام الرطب.
	إجراء آخر (ELSE)	
	لا يعرّفها	إذا كانت شيئاً يسيراً جداً.
	يشهد عليها	حماية لها ولكي لا يطمع فيها.

وبالطريقة نفسها، يمكن أن تصاغ بقية القواعد ذات الصلة بفقه اللّقطة، مثل: مدة التعريف، وزمانه ومكانه، ومرّات التعريف ومؤنته، وكيفية التعريف، وضمان الملتقط، وتملّك اللّقطة، والاتجار بها، والإنفاق عليها، والتصدّق بها، وغيرها من المسائل

لضمان اكتمال الوصف المعرفي لكل مفردات قاعدة المعرفة التي ستتكفل بتوفير إجابات دقيقة عبر آلة استدلال النظام الفقهي الخبير.

٢ ـ الشاهد الثاني: نظام حديثي خبير

يمكن تقسيم الهيكلية المعلوماتية لأنموذج المعرفة إلى ثلاثة أقسام رئيسة، هي:

القسم الأول، «الحقائق»: وهي معلومات مسلّم بها، ولا تقبل نقضاً، تصلح كأساس لعملية الاستدلال المعرفي. وخير مثال على إحدى الحقائق الحديثية هو:

عبد الله بن لهيعة = محدث، يحيى بن معين = ناقد، مراسيل الحسن البصري = ضعيفة، وغيرها من الأمور القطعية في ميدان علوم السنة.

القسم الثاني، «الرموز والعلاقات» (Symbols and Relations): وهي جملة من الأدوات الرياضية، أو المنطقية التي تتوافر في أنموذج المعرفة، والتي تتيح للمستخدم صوغ علاقات ارتباط، أو تباين بين متغيراته.

يظهر في الجدول الرقم (٦ ـ ٩) أهم الرموز والعلاقات المتاحة لأنموذج معرفة وحوسبة السنّة النبوية.

الجدول الرقم (٦ ـ ٩)

أهم الرموز والعلاقات المتاحة لهيكلة أنموذج المعرفة

الرمز أو العلاقة	الصياغات المتاحة	الشاهد
المتغيرات (Variables)	عدد لامحدود من المتغيرات.	س، ص، .....
الفواصل (Connectives)	و، أو، ليس، يتضمن.	اتصال سند، و، عدالة النقلة.
Punctuations	....	أقواس التمييز، أو المؤشرات.
المطابقة (Equality)	علامة المساواة.	حديث = حديث صحيح.
الثوابت (Constants)	عدد لا محدود من الخصائص الثابتة.	عبد الله، محمد، حديث، سند... إلخ.
المحمول (Predicates)	محمول واحد على الأقل.	ثقة، ناقد، ضعيف، فيه لين.
الدوالّ الرياضية (Functions)	عدد لامحدود من الصيغ الرياضية التقليدية.	أكبر، أصغر، صيغة رياضية محددة.

القسم الثالث، توصيف المعرفة: إن أهم التقنيات المستخدمة في توصيف المعرفة، وأكثرها شيوعاً هو «أسلوب القواعد» (Rule-based Method) الذي يعمد إلى توظيف القواعد بوصفها أساساً منهجياً لإنشاء الأحكام، والتوصيات، والاستراتيجيات. تتكئ القواعد على عنصر الخبرة الذي يتخذ قراراً محدداً إزاء المتغيرات المنطقية أو الرياضية التي تحيط بالمسألة قيد الدراسة في ضوء الخبرة المتراكمة لدى الخبير أو مورد المعرفة المتاح.

تتألف الهيكلية المنطقية للقاعدة من عبارتين: **الأولى،** شرطية تبدأ بكلمة إذا (IF)؛ و**الثانية،** تمثل جواب الشرط (THEN) الذي يوظف الخبرة الموجودة في قاعدة المعرفة عند إصدار الحكم بشأن الواقعة.

مثال على ذلك: صياغة حاسوبية لقاعدة حديثية:

قاعدة (١): إذا سقط محدث من السند

وكان المحدث = صحابياً.

إذن الحديث = مرسل.

قاعدة (٢): إذا سقط محدث من السند،

وكان المحدث ≠ صحابياً.

إذن الحديث = منقطع.

قاعدة (٣): إذا سقط **أكثر من** محدث من السند،

إذن الحديث = معضل.

تمثل القواعد الثلاثة أعلاه جزءاً مقتطعاً من إحدى القواعد المقترحة لنظام حوسبة السنة النبوية الشريفة، ويظهر أن تحقق الجزء الأول (الشرطي) من القاعدة ينجم عنه إصدار الحكم بشأن القضية، وإرساء (جواب الشرط) بوصفه حكماً معرفياً بصدد هذه القضية، يمكن أن نختزنه في القاعدة المعرفية كحقيقة قابلة للتوظيف في إصدار أحكام نقدية مشابهة على أحاديث أخرى.

إن مهمة أئمة صنعة الحديث ونقّاد أسانيده تكمن في الكشف عن القواعد الحديثية، التي أودعها جهابذة علوم الحديث ونقاده في مصنفاتهم، التي عالجت

موضوع الحديث النبوي رواية ودراية، والتي ستوفر بالنسبة إلى مهندس المعرفة مورداً خصباً لصوغ زمرة من الحقائق، والقواعد التي يمكن استثمارها في نقد موارد السنّة النبوية الشريفة.

تظهر في الجدول الرقم (٦ ـ ١٠) مجموعة من الحقائق والقواعد الحديثية الخاصة بميدان الجرح والتعديل، أما الجدول الرقم (٦ ـ ١١) فيحتوي على مجموعة أخرى تخص معالجة المتون، وفقه الرواية عثرنا عليها عبر مكابدة متأنية لمصنفات علوم الحديث وطبقات الرجال.

الجدول الرقم (٦ ـ ١٠)

حقائق وقواعد حديثية منتخبة من ميدان الجرح والتعديل

حقيقة أو قاعدة حديثية	المرجع
الجرح المبهم = مردود.	**مقدمة ابن الصلاح:** ١١٨.
التعديل بلا ذكر سبب = مقبول.	**الرفع والتكميل:** ١١٨.
النسائي = متعنّت ومتشدّد في نقد الرجال.	**الرفع والتكميل:** ١٢١.
أبو حاتم الرازي = متعنّت ومتشدّد في الرجال.	**إقامة الدليل ٢:** ٣٤٣.
الراوي فيه مقال أو ليس بذاك = ضعيف.	**شرح الألفية:** ١٦١.
الراوي = منكر الحديث والناقد = البخاري. **إذن** الراوي = لا تحل الرواية عنه.	**الرفع والتكميل:** ٢١٠.
الراوي = منكر الحديث والناقد = أحمد بن حنبل. **إذن** الراوي = قد يحتج به.	**الرفع والتكميل:** ٢١٠.
الراوي = ليس بشيء والناقد = ابن معين. **إذن** الراوي = قليل الحديث.	**تهذيب التهذيب ٩:** ٤١٢.
الراوي = لا بأس به والناقد = ابن معين **إذن** الراوي = ثقة.	**لسان الميزان ١:** ١٣.
الراوي = مجهول والناقد = أبو حاتم **إذن** الراوي = مجهول الوصف. **غيره** الراوي = مجهول العين.	**تهذيب التهذيب ١:** ٩٠/ **الرفع والتكميل:** ٢٢٩.

الجدول الرقم (٦ ـ ١١)

حقائق وقواعد حديثية منتخبة من ميدان معالجة المتون وفقه الرواية

حقيقة أو قاعدة حديثية	المرجع
حديث لا يصح أو حديث لا يثبت ≠ حديث موضوع.	**تذكرة الموضوعات**: ١١٢.
الحديث = منكر **و**الناقد = أحمد بن حنبل. **إذن** الحديث = حديث فرد لا متابع له.	مقدمة **فتح الباري**: ١٧٣.
حديث صحيح ≠ حديث صحيح الإسناد.	**مقدمة ابن الصلاح**: ٤٣.
زيادة العدل الضابط = مقبولة.	**فتح الباري** ٢: ٤٦/ ١٠٦.
قول الصحابي = كان يفعل كذا **و** المحدث = البخاري **إذن** الحديث = مرفوع.	**فتح الباري** ٢: ٥٧٩.
الحديث = مرسل والراوي = سعيد بن المسيب **إذن** الحديث = صحيح.	**توضيح الأفكار** ١: ٢٨٨.
الحديث = مرسل والراوي = مالك بن أنس **إذن** الحديث = صحيح.	**ترتيب المدارك** ١: ١٦٥.
الراوي = ثقة ومتن الحديث ≠ حديث الثقاة **إذن** الحديث = شاذ.	**توضيح الأفكار** ١: ٣٧٨.
الراوي = ضعيف ومتن الحديث ≠ حديث الثقاة **إذن** الحديث = منكر.	**توضيح الأفكار** ٢: ٤ ـ ٦.

يبدو واضحاً أن موارد الشريعة الغراء (الحديثية في الأنموذج الذي تبنيناه) سوف تشكل أهم مقومات البنى التحتية لصناعة المعرفة الإسلامية. وأن عنصر القيمة المضافة لكل مفردة من مفرداتها يزداد تدريجياً باتجاه تحويل الموارد الخام إلى معرفة قابلة للاستثمار بالأدوات المعلوماتية المتاحة.

وعليه فإن المعرفة الحديثية ستكون الثمرة المتوقعة التي ستنتج من سبر مفردات علوم الحديث بتوظيف تقنيات المعلوماتية، وفي أي فرع من فروعه، لغرض الوصول

إلى مرحلة استنطاقها في إصدار أحكام نقدية دقيقة، عند تفحص المعلومات المنتشرة في المراجع العلمية.

لذا ستظهر الحاجة إلى ترجمة الخزين التراثي والمعرفي الإسلامي إلى مادة خام قابلة للتوظيف في عملية الإنتاج المعرفي، وإلى إرساء أسس اقتصاد معلوماتي معرفي إسلامي يرسي أسس صناعة معرفية عربية إسلامية تمتلك مقومات المنافسة على معالجة موارد خطاب الوحي بأدواتنا، بدلاً من أن تعبث بها أدوات المعلوماتية الغربية المارقة، التي تخطط لتفريغ هويتنا الإسلامية من مضامينها الإسلامية الحقة.

ولكي يصبح الأنموذج المقترح أكثر قرباً من واقع البيئة العلمية للحديث النبوي وعلومه ينبغي أن تضاف إلى هيكلته المحوسبة قاعدة معرفة تعتمد معالجات التعارض والترجيح بين الأقوال المنقولة، وقواعد المقايسة الحديثية التي تبناها أئمة هذا الفن في التعامل مع مفردات الحديث النبوي الشريف دراية ورواية. ولكي تتضح معالم هذا الجزء من المعالجة المعلوماتية سنحاول أن نعرض حوسبة مسألة تعارض الجرح والتعديل لراوٍ واحد.

بصورة عامة، قد يختلف كلام إمامين من أئمة الحديث في الراوي الواحد، وفي الحديث الواحد، فيضعف هذا حديثاً، وهذا يصححه، ويرمي هذا رجلاً من الرواة بالجرح، وآخر يعدله، وذلك ما يشعر بأن التصحيح من مسائل الاجتهاد التي اختلفت فيها الآراء، وهو ما يحتم علينا تبنّي آليات التعارض والترجيح في عملية حوسبة نصوصها المنقولة إلينا. تتألف بعض قواعد المقايسة المنطقية التي تم توظيفها في ميدان التعارض والترجيح بين الآراء ممّا يأتي[٢٢]:

قاعدة (١):

إذا كان الراوي = مجروحاً ومعدّلاً

وكان الحكم النقدي = سليماً من الشبهة

أو كان عدد المعدلين > عدد المجرحين

إذن الراوي عدل لدى البعض.

(٢٢) أبو الحسنات محمد عبد الحي اللكنوي، **الرفع والتكميل في الجرح والتعديل**، تحقيق عبد الفتاح أبو غدة، ط ٣ (القاهرة: مكتب المطبوعات الإسلامية، ١٤٠٧هـ/[١٩٨٧م]).

قاعدة (٢):

إذا كان الراوي = مجروحاً ومعدّلاً

وكان الحكم النقدي = سليماً من الشبهة

وكان التعديل ≠ التجريح

إذن ينبغي الترجيح بمرجح إضافي.

نود أن ننوه بأن هذه القواعد ليست مطلقة وتستمد صدقيتها، وأثرها في الحكم على الراوي والمروي، في ضوء اتفاق أئمة العلم حول مدى انطباقها على الحالات التي تتم معالجتها، والشروط المخصصة لإطلاقها، وهوية الإمام الذي ذهب إلى هذا القول، وهوية أصحاب الرأي المعارض، ومبرر إلصاق تهمة التجريح، وذكر أسباب التعديل، لكي تتكامل معالم الأرضية التي يستند إليها الحكم النقدي بصدد هذا المحدث أو ذاك.

الفصل السابع

تطبيقات أنطولوجيا الويب والشبكات الدلالية في موارد الشريعة

«كلما كانت الأنطولوجيا المحوسبة قادرة على التقاط المزيد من عناصر جوهر الكيانات الرقمية التي نعالجها، ستكون أكثر قدرة على منحنا فرصة أشد اتساعاً لتطبيقات محوسبة تعمّق معارفنا وتستخلص عصارة المعرفة والحكمة من النصوص»

حسن الرزو

مقدمة

أضحت مسألة إدارة المتغير المعرفي داخل حدود البيئة المعلوماتية من الأمور الجوهرية التي تتمركز في دائرتها جهود العاملين في ميادين هندسة المعرفة في وقتنا الراهن. وبصورة عامة، تُعنى عمليات إدارة المعرفة بوصف، وتنظيم، واكتساب، وإنشاء، وتوظيف، وتطوير، مفردات المعرفة المطروحة على مواقع الويب ـ بأنماطها المختلفة ـ لضمان الحصول على وصف معرفي مقبول يسهل تداوله داخل حدود البيئة الرقمية للإنترنت[1].

إن تحويل المعرفة إلى أنساق رقمية، وإيداعها ضمن هيكلة مواقع الويب المنتشرة على الإنترنت، قد فرض علينا الحاجة إلى توظيف آليات مستحدثة، قادرة على استخلاص المعلومات، واقتناص المعاني المودعة في مفرداتها، وتنظيم عبارتها بحيث يسهل تناولها على المستخدم الذي يبحر عباب مواقع الويب بمختلف أشكالها.

ولم تعد الأنطولوجيا حكراً على الفلاسفة والمناطقة كما الحال في القرون الوسطى وحافات القرن العشرين، بعد أن وظفها عاملو ميدان المعلوماتية في إنشاء هيكلة أنطولوجية رقمية، فأضحت مورداً خصباً ينهل منه المتخصصون في ميادين العلوم والثقافة لتداول المعارف والمشاركة في مادتها المعرفية في حقول تخصصهم المختلفة[2].

وقد رسّخت أنطولوجيا المعلومات حضورها على الشبكة العنكبوتية في مستويات متعددة، فمنها أنطولوجيات تضم هرمية بالغة التعقيد للتصنيفات والأبواب،

---

(١) Igor Jurisica, John Mylopoulos and Eric Yu, *Using Ontologies for Knowledge Management: An Information Systems Perspective* (Toronto: University of Toronto, 2001).

(٢) Nataly F. Noy and Deborah L. McGuinness, «Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology,» Centro de Informática UFPE, <http://www.cin.ufpe.br/~in1116/aulas/ontology101.pdf>.

كالتي تستخدم في مواقع البحث العملاقة، مثل موقع آلة البحث الشهيرة «Yahoo»، أو في مواقع إخبارية مثل موقع شبكة الأخبار «CNN». وأخرى تتسم بهيكلة مبسطة كتلك التي نطالعها في مواقع جامعة مغمورة، أو موقع لتسوّق إلكتروني أنشئ حديثاً.

لقد تعزّز استخدام الأنطولوجيا المحوسبة بعد أن تحولت مادتها إلى نسق رياضي/لغوي/منطقي يمكن أن يغذى إلى بيئة رقمية محوسبة حيث تعالج المفاهيم الأساسية ضمن الميدان المعرفي الذي ينتمي إليه، ويدعمها نسيج العلاقات التي تربط هذه المفاهيم بعضها ببعض فيتشكل من هذا الخليط من الهيكلة المعرفية نسق معرفي متكامل.

قد تطرأ على أذهاننا عدة أسئلة، من مثل: لماذا نعمد إلى إنشاء أنطولوجيا؟ أي نمط من الأنطولوجيا؟ ولماذا عادت مفاهيم الأنطولوجيا الفلسفية التي يلفّها الغموض، ولا يحسن فهمها سوى فئة قليلة من المتخصصين بحقول الفلسفة، لتفرض حضورها علينا بقوة في زمن هجرت فيه الفلسفة ودواوينها؟! وهل أن أنطولوجيا المعلومات الرقمية سيكون لها حضور في ميادين المعرفة الإسلامية التي أعلنت قطيعتها منذ بضعة قرون مع الكثير من مباحث الوجود الفلسفية؟ لماذا نأمل في توظيف أنطولوجيا المعلومات لإعادة تشكيل الخطاب الإسلامي المطروح على مواقع الويب؟ وهل ثمة حاجة شرعية إلى هذا السعي، أم أنها حاجة تفرضها تطبيقات برمجية معاصرة، نجد أنفسنا بحاجة إلى مواكبتها لتطوير حضور الخطاب الإسلامي على الشبكة العنكبوتية؟ إنها أسئلة قد يطرحها طيف واسع من المشتغلين بالعلوم الشرعية داخل حدود البيئة المعلوماتية وخارجها، كما قد يجول ببال المستخدم المسلم.

بداية، يمكننا القول إن هناك تغيراً ملموساً في طرح الخطاب الإسلامي في عصرنا الراهن، سواء على مستوى قنوات طرح الخطاب وفقه الخطاب المطروح. لقد تلقينا مادة الشريعة الإسلامية شفاهاً من شيخ إلى حلقة طلاب العلم وأحكمت مادتها عبر صيغ الرواية، ومراتبها في دائرة رواية الحديث النبوي، وسند رواية مصنفات العلوم الشرعية الأخرى، والتي يفتخر الناسخ بتثبيتها على نسخته المخطوطة. وأسهمت الطباعة وتحقيق النصوص في توفير كمٍّ كبير من النصوص الشرعية في ظل تحقيقٍ ومراجعة دقيقة، يضاف إليها حرص الأئمة على مراجعتها في دروسهم الفقهية مع إدراج تعقيبات في هوامش النصوص لتوضيح عبارة مشكلة، أو إدراج فوائد نشأت عن دقة فهم.

لقد تعودنا على مطالعة النص الشرعي بحضور شيخ يوجه مسارات فهمنا للنص وفق الأنموذج المفاهيمي للمادة الشرعية، أما الآن، وبعد أن توافرت النصوص الشرعية بمادتها الرقمية، وطرحت بسخاء على مواقع الويب المختلفة، وغاب عن ساحة لساننا منطق اللغة وبلاغتها فقد بدأنا نجمع المادة كحاطب ليل، فندرج الغث مع السمين، ونستعير عبارة من فقيه مالكي، لنصلها مع عبارة من فقيه شافعي، مؤلفين لعبارات ومفاهيم تبدو وفق منطقنا الراهن سليمة، بيْد أنها مليئة بالتناقضات المعرفية وفق النسق الشرعي الإسلامي.

إذن، نحن بحاجة ماسة إلى مرجعة المحتوى المطروح على الإنترنت، والذي بات قادراً على الوصول إلى بيت كل مسلم، ويمتلك شرعية حضوره على صفحات ويب مجهولة المرجعية، في وقت لم يعد الكثير من المسلمين قادرين على تحديد مستوى التزام مضامينه مع ثوابت الشريعة، ونهج أئمة العلم الشرعي ورجالاته.

ولا يمكن تحقيق ذلك من دون نسق معرفي، متفق على مضامينه، على أن يتسّم بكونه:

ـ متماسكاً ومتوافقاً مع ثوابت الخطاب الإسلامي الحق، وخالياً من الإطناب والإسهاب الذي يفقده سمة الوضوح، ويغيّب عنه معايير الدقة والوضوح.

ـ يتمتع بهيكلة معرفية مرنة، قادرة على الانفتاح والتوسع في المضامين والمفاهيم في ضوء الحاجات التي يفرضها الواقع بين الحين والآخر.

وسيسهم حضور هذا النسق المعرفي في توفير فرصة لتوظيف أدوات الحوسبة الذكية في التنقير عن المادة التي نروم بلوغها، وحوسبة مضامينها للتحقق من مطابقتها مع الأنطولوجيا الشرعية، وستمارس دور المراقب على الخطاب الشرعي المطروح في مواقع الويب. إضافة إلى ذلك، ستتوافر بين أيدينا فرصة سانحة لتحرير المادة المطروحة، وإعادة استخدامها، ومقارنتها بنصوص مقاربة، وتوليفها مع نصوص أخرى لإنتاج خطاب شرعي محدد.

هذا ما سنحاول الإجابة عنه خلال هذا الفصل، ونأمل أن يجد صدى كافياً لدى الباحثين في ميدان حوسبة مادة النصوص الشرعية، فيشرعون في فتح آفاق جديدة، ويدشنون مجموعة خصبة من التطبيقات التي نحن بأشد الحاجة إليها لحماية حياض نصوص الشريعة، التي بدأت تنتشر كالسيل الجارف في مواقع الويب العنكبوتية،

من دون أن يحكمها منطق المحدثين الصارم الذي نجح في حفظ مرويات رسول الله (ﷺ)، ولا منطق المتكلمين، وبلاغة المفسرين الذين منعوا حضور تأويلات المبتدعة والجاهلين.

أولاً: رحلة الأنطولوجيا من ميدان الفلسفة إلى فضاء المعلومات

الأنطولوجيا (Ontology) اصطلاح فلسفي استعير من الفكر الفلسفي اليوناني، ويتألف من شقين: **الأول** (ὄντος) الذي يعني الكينونة؛ **والثاني**، (λογία) الذي يعني علماً، أو دراسة، أو نظرية. وتُعنى نظرية الأنطولوجيا بالبحث الفلسفي في الوجود، والكينونة، والواقع بما هو عليه، مع توجيه العناية إلى مختلف مراتب الوجود وطبيعة العلاقات التي تربط بين الموجودات[٣].

وإذا أردنا أن نبسط خطابنا الفلسفي لنجعله أكثر قرباً لفهم معنى هذا الاصطلاح، فيمكننا القول إن الأنطولوجيا تعنى بتوفير إجابات عن مسائل تخص وجود الكيانات المقيمة في عالمنا الواقعي، مع اقتراح نهج لتصنيف هذه الكيانات ضمن مراتب الوجود وعلى أساس الخصائص النوعية التي تميزها من بعضها، دون إقصائها عن حقيقة سمتها الوجودية.

غرست البذرة الأولى لاصطلاح الأنطولوجيا في تربة الفكر الفلسفي بوصفها معالجة مفاهيمية تتناول ماهية الوجود. وقد عدها أرسطوطاليس الفلسفة الأولى، وأضحت جزءاً لا يتجزأ من النسق الفلسفي الميتافيزيقي، فتشابكت جذورها مع تيارات فلسفية أخرى، وأقامت معها صلات حميمة، فتناولها بالتحليل الفلسفي فلاسفة كبار مثل: كريستيان ولف، وديفيد هيوم، وعمانوئيل كانط، وفردريش هيغل، ومارتن هايدغر، كلٌّ بحسب فلسفته التي حاول من خلالها تفسير عناصر الوجود وإشكالياته[٤].

كانت بدايات هذا النمط من الفلسفة التحليلية مع الفيلسوف أرسطو، الذي أطلق عليها اصطلاح الفلسفة الأولى، ثم حضرت مباحثها لدى الفيلسوف كريستيان وولف، وديفيد هيوم، وعمانوئيل كانط. ولم تتفق آراء هؤلاء الفلاسفة الكبار في الكثير من

(٣) انظر القاموس الرقمي: «Ontology,» Merriam-Webster, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/ontology>.

(٤) Britannica (2007).

المسائل التفصيلية لهذا التيار الفلسفي، فتأرجح مفهومها ضمن الصروح الفلسفية التي أنشأها كل منهم. وأخيراً، جاء إدموند هوسرل(٥) وتلميذه مارتن هايدغر(٦) ليعيدا للأنطولوجيا حضورها بحلّتها الفلسفية الجديدة، التي شهدت تجديداً في مضامينها على يد الفيلسوف ويلارد كوين(٧) في النصف الأول من القرن العشرين، فأضحت الأنطولوجيا اصطلاحاً فلسفياً يرتبط بالآنية، والتكوّن الوجودي. واستخدم على صعيد المسائل ذات الصلة بالآنية الملتصقة بالوجود، من جهة، وعلى ما يقوم الإنسان بتوليده من مفاهيم وأدلة تتعلق بالكون من جانب الكائن ذاته، من جهة أخرى(٨).

وإن مرّ هذا المصطلح بكثير من التحوّلات وإعادة صوغ المضامين وفق النهج الذي تبنته مختلف المدارس الفلسفية عبر تاريخ الخطاب الفلسفي البشري، فإن أكثر المفاهيم الذي التصقت به ولم تغادره هي تلك التي جعلت منه علماً ومعالجة فلسفية تُعنى بالكشف عن جوهر الكينونة من وراء المظاهر والظواهر المصاحبة لحضوره الوجودي.

لقد تجرّد هذا المفهوم من بشرته الفلسفية وارتدى رداءً جديداً، عندما ولج العاملون في ميدان المعلومات وهندسة المعرفة في دائرته المفاهيمية، ليتحول إلى نوع من المعالجة المعرفية التي تسعى إلى بيان سمات وطبيعة الكيانات الرقمية التي تتألف منها مادة الخطاب المعرفي الذي يقيم في بيئة شبكة الويب الدلالية، وما يصاحب ذلك من إسقاطات حضور هذه الكيانات على الفكرة أو المفهوم الذي يطرح على صفحة الويب، وشبكات الويب الدلالية.

وفي بداية الألفية الجديدة برزت دعوات جديدة إلى توظيف عناصر النسق الأنطولوجي في دراسة وتحليل مفردات المعرفة المودعة في صفحات الويب المنتشرة على مواقع الإنترنت بقصد منحها هيكلة منطقية يمكن تناولها ومعالجتها بأدوات المنطق المحوسب الذي يستخدم في أدوات المعلومات الذكية.

---

(٥) الفيلسوف النمساوي (Edmund Husserl)، رائد الفلسفة الظاهراتية ومن المهتمّين بحقول الأنطولوجيا ونظرية المعرفة، والعلوم المنطقية ١٨٥٩ ـ ١٩٣٨.

(٦) الفيلسوف الألماني (Martin Heidegger)، يُعَدُّ من روّاد الفلسفة الألمانية بالقرن العشرين، تركزت اهتماماته الفلسفية بميادين فلسفة الوجود والفلسفة الظاهراتية ١٨٨٩ ـ ١٩٧٦.

(٧) الفيلسوف الأمريكي (Willard Van Orman Quine)، يُعَدُّ من فلاسفة ومناطقة القرن العشرين، تركّزت اهتماماته بفلسفة الأنطولوجيا ونظرية المعرفة والمنطق الرياضي ١٩٠٨ ـ ٢٠٠٠.

(٨) أندريه لالاند، **موسوعة لالاند الفلسفية**، تعريب خليل أحمد خليل، ط ٢ (بيروت: منشورات عويدات، ٢٠٠١).

ونجد أمامنا في هذه الأيام، تيارين يتحدد من خلالهما حدود المعالجة الأنطولوجية المعلوماتية السائدة في وقتنا الراهن: تيار يعدّ الأنطولوجيا نسقاً مفاهيمياً يستخدم لتعريف، وتحديد معاني الكلمات، والمصطلحات التي تستخدم في بيان، ووصف ميدان من ميادين المعرفة؛ وآخر يتناول الأنطولوجيا بوصفها منتجاً جديداً أفرزته العلوم الهندسية/ المعلوماتية المعاصرة، تتألف مادته من «صياغة معجمية مميزة» (Specific Vocabulary) تستخدم لوصف جزء معيّن من الواقع، وبيان المعاني المودعة في مفرداته.

وهذا يعني أن البعد الأنطولوجي والعمق الذي اتسم به منذ بداياته عند معالجة مسائل الوجود بما هو وجود، قد حدث فيه تغيير من نمط جديد أفقده البعد الوجودي في المعالجة فتحول إلى معالجة مسطحة (ثنائية الأبعاد) ينخرط في تحديد قيمته وحضوره الوجودي عبر تكوينه، لحضور بقية الكينونات التي تتقاسم معه الحضور في النسيج الدلالي والمفاهيمي المطروح على صفحة الويب. لذا، لم يعد ثمة وحدة سكونية للمفهوم المطروح على صفحات الويب، وإن أقصى ما يمكن أن نفعله مع الكيانات الرقمية (مهما كانت طبيعة المحتوى المعرفي لمادتها) هو حرصنا على أن لا تأتي هذه الكيانات وترسّخ حضورها في صفحات الويب إلا ومعها نظامها الأنطولوجي الذي يؤكد المفاهيم المصاحبة لنسق حضورها، ويرسخ حضور دلالاتها المعرفية داخل سياق مادة صفحة الويب.

ثانياً: الأنطولوجيا من وجهة نظر معلوماتية

استبطن مفهوم الأنطولوجيا في بدايات بروز الخطاب الفلسفي في مادة خطاب الفلاسفة المدرسيين، فأطلق لديهم على مسائل الكينونة حيث التعيينات والتحديدات المشتركة بين كل الكينونات المقيمة في ساحة الوجود الإنساني. وقد حصل تطور في مفهوم الأنطولوجيا بعد أن توسعت دائرة مفهومه لتشمل دراسة ما هي عليه الأشياء ذاتها، من حيث كونها نوعاً من الكينونة الفريدة التي تصاحبها مستويات متعددة من المظاهر والمحمولات.

وعلى هذا الأساس، إذا أردنا أن ننشئ إطاراً مفاهيمياً جديداً للأنطولوجيا، من خلال رؤية معلوماتية صرفة، سنذهب إلى القول إن الأنطولوجيا توصيف جليٌّ لمجموعة من الكائنات المعلوماتية، والمفاهيم، وتشكيلة متنوعة من الكيانات الرقمية،

التي يفترض حضورها في نسق من الأنساق المعرفية التي تعالج ميداناً معرفياً محدداً، وتصف العلاقات التي تربط هذه الكيانات، والمفاهيم مجتمعة.

بصورة عامة تتألف مادة الأنطولوجيا المحوسبة من مفاهيم ومبادئ مجرّدة، يصاحبها حضور لشبكة من العلاقات والخصائص التي تحدد هويتها الوجودية وحقول استخداماتها. بيد أن هذا الأمر لا يمنع وجود أنطولوجيات تحتوي على أمثلة وشواهد من المفاهيم والمبادئ، جنباً إلى جنب مع العلاقات التي تشد بعضها إلى بعض داخل حدود النسق المعرفي للأنطولوجيا[٩].

وتعد هيكلة «الحقل الأنطولوجي» (Ontology Domain) مورداً مهماً لتنظيم المحتوى المعرفي المطروح لمعالجة حقل محدد، مع توفير فرصة المساهمة في محتواه لدى أكثر من جهة، واتاحة إمكانية إعادة استخدام الهيكلة في إنشاء مفاهيم مقاربة.

إن الحضور في البيئة المعلوماتية يناظر مفهوم الوجود عند الكينونات التي تستوطن عالمنا الواقعي، ولا يمكن أن يتمتع أي كائن معلوماتي، مهما كانت هويته المعرفية، بحضور في بيئة الفضاء الرقمي ما لم يكن قابلاً للتمثيل بوصفه كياناً يتسم بخصائص تحدد هويته ضمن النسق المعرفي السائد فيه.

وعندما ستتولد لدينا الرغبة في إنشاء هيكلة أنطولوجية لموضوع محدد، ونأمل في[١٠]:

ـ صوغ فهم مشترك حول هيكلة المعلومات التي يتداولها المستخدمون، أو تلك التي توظف في المعالجات المعرفية، أو صناعة البرمجيات.

ـ تعزيز القدرات على إعادة استخدام نطاق المعرفة وفق نسق مفاهيمي أكثر شمولاً.

ـ فصل مفردات نطاق المعرفة عن مفردات المعرفة التي يتم تداولها على صعيد الاستخدام اليومي.

ـ توفير المناخ المناسب لتحليل عناصر نطاق المعرفة وهيكلة مكوّناتها وفق نسق معرفي يسهل تداوله في بيئة المعلومات الرقمية.

---

(٩) Barry Smith, «Ontology and Information Systems,» National Science Foundation under Grant (2004).

(١٠) Noy and McGuinness, «Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology».

ينبغي أن يتوجه مسار تفكيرنا نحو خارطة طريق تحكمها حاجاتنا التي تتطلب إنشاء أنطولوجيا محوسبة بذاتها. فإذا كان بين أيدينا مجموعة من مواقع الويب التي تعالج مسائل شرعية أو تطرح خدمات متنوعة للمستخدمين في ميدان شرعي محدد؛ فإذا كانت هذه المواقع الشرعية تتداول وترتكز على الأنطولوجيا الأساسية ذاتها، فستتوافر أمام العميل الذكي المحوسب (وهو تطبيق محوسب يتمتع بقدرات ذكية) فرصة سهلة لاستخلاص المفردات المعرفية وتجميعها من هذه المواقع ضمن هيكلة معرفية يمكن توظيفها كمدخلات لمعالجة معرفية في تطبيق محوسب، أو تزويد المستخدم بالمادة التي يريدها من دون أن ينشطر مسار البحث نحو مسائل لا تقع في دائرة اهتمام المستخدم.

وكلما كانت هيكلة الأنطولوجيا التي نعكف عليها أكثر شمولاً، وتستوعب تفاصيل النطاق المعرفي، فإنها ستمهد لتوفير أكثر من فرصة لإعادة استخدامها في حقول تطبيقية متعددة للمسائل الشرعية (على سبيل المثال)، مهما كانت هوية المدرسة الفقهية التي نتعامل معها، لأن الثوابت الفقهية مشتركة.

وفي الوقت ذاته، يمكن أن ننشئ أنطولوجيا نعالج فيها مسائل تتعلق بعلوم الحديث درايةً أو روايةً، ونعمد إلى استخدامها للبحث عن حديث يتوافق شرطه مع شروط أحد الأئمة الستة، أو يضم طريق إسناده سلسلة الذهب. أما تحليل النطاق المعرفي فيصبح في متناول أيدينا متى بذلنا (أثناء صناعة الأنطولوجيا) جهداً رصيناً لصوغ تعريف تصريحي يتناول المفردات المستخدمة التي تشكّل مادة نسيج الأنطولوجيا، فيصبح الطريق أمامنا مفتوحاً لإعادة استخدام الأنطولوجيا في مجال مقارب، أو توسيع نطاق أنطولوجيا زيادات الإمام النسائي على الصحيحين، كي تصبح قابلة للاستخدام في التنقير عن زيادات الإمام أبو داؤود من خلال إضافات هيكلية محددة.

إن النقلة النوعية التي حققها اصطلاح الأنطولوجيا بُعيد استعارته من دائرة الفلسفة والغموض الذي يلف عبارتها إلى فضاء المعلومات المعرفي قد صاحبتها سلسلة من التغييرات في حدوده الاصطلاحية، كي يتلاءم مع البيئة الرقمية الجديدة. فأسهمت الأنطولوجيا المحوسبة في تعريف المفردات الأساسية والعلاقات التي تتألف منها المادة المعجمية لحقل معرفي محدد، إضافة إلى بيان ماهية القواعد التي توحّد هذه المفردات والعلاقات لتوفر بيئة خصبة للاستدلال المعرفي من مادتها.

١ ـ الأنطولوجيا المحوسبة: معالجة مفاهيمية

إذا كانت الأنطولوجيا (وفق القراءة الفلسفية للمصطلح) عبارة عن توصيف جليّ لنسق مفاهيمي محدد. فإن دلالة المصطلح التي تضفيها المعالجات المعلوماتية المحوسبة، ستفرض علينا إجراء تعديلات طفيفة بحيث تصبح الأنطولوجيا المحوسبة عبارة عن توصيف صوري[١١]، جليّ[١٢]، لنسق مفاهيمي[١٣]، يعالج ثلة من الموارد المعلوماتية، تربطها شبكة من العلاقات، ضمن نسيج معرفي محدد، تقاسمه[١٤] مجموعة مستخدمين على مواقع الويب. وتتسم الأنطولوجيا المحوسبة بتراتبية مهيكلة لمجموعة من المفردات التي تستخدم لوصف نطاق يمكن استخدامه كأساس هيكلي لقاعدة معرفية. ويمكن استخدام هذا النمط من الأنطولوجيا لبناء مجموعة من القواعد المعرفية التي تشترك في ما بينها بالنمط نفسه من الهيكلة أو التبويب المعرفي.

ويمكن توسيع القاعدة الهيكلية للأنطولوجيا المحوسبة من طريق إضافة مبادئ ثانوية محددة، أو مبادئ وسيطة تسهم في ضمان شمولها مجالات جديدة. وإذا كان النظام المعلوماتي قد أنشئ على الأنطولوجيا ذاتها، فيمكن أن نوسع مساحة القواعد المعرفية التي تستمد منها الموارد التي ستقتسمها الجهات التي ستستثمر محتواها المعرفي، أو توظفها لتوجيه آلة الاستدلال المنطقي، والذي سيصبح أسهل تناولاً بشكل ملحوظ.

بصورة عامة، تتوافر أمامنا أكثر من فرصة لبناء هيكلة الأنطولوجيا المحوسبة عبر المعالجات المتنوعة التي توفرها التقنيات المرتكزة على المعرفة ولغاتها البرمجية الفريدة. فيمكن أن تكون هيكلة الأنطولوجيا ذات صبغة عمومية عندما نستخدم لغة الخطاب التقليدي في صوغ مفرداتها، والهيكلة التي تجمع هذه المفردات، والعلاقات التي تربط كياناتها المعرفية. وقد ننشئ أنطولوجيا شبيهة بالأنطولوجيا ذات الصبغة العمومية، إذا مارسنا عملية وصف عناصرها بلغة خطاب مستحدثة، وتحكمها هيكلة منطقية محددة.

---

(١١) يقصد بالصوري نمط من الهيكلة الأنطولوجية التي يمكن حوسبتها بتقنيات المعلومات وأدواتها.

(١٢) يقصد بالتوصيف الجليّ أن المفاهيم والمبادئ المستخدمة في الأنموذج المفاهيمي، ومحدّداته قد عرّفت بوضوح.

(١٣) النّسق المفاهيمي في دائرة فضاء المعلومات عبارة عن أنموذج تجريدي لظاهرة ما، قد حدّدت في بنيته المنطقية معالم المفاهيم والمبادئ ذات الصلة بهذه الظاهرة.

(١٤) يقصد بتقاسم الموارد أن الأنطولوجيا المحوسبة ستكون قادرة على التقاط المفردة المعرفية وجعلها مشاعة الاستخدام داخل حدود هيكلة مجتمعاتية.

وفي الوقت ذاته، يمكننا إنشاء أنطولوجيا شبيهة بالنمط الصوري عندما نلجأ إلى توظيف لغة من لغات الذكاء الاصطناعي التي ترتكز على مبادئ صورية مثل لغة أنطولوجيا الويب (OWL)، أو لغات أخرى. بالمقابل، يمكننا أن نتبع نهجاً صورياً صارماً لإنشاء أنطولوجيا محوسبة بصورة شاملة، تحوي مجموعة من المفردات التي أوليت عناية ودقة منطقية، وفي ظل شبكة دلالية صورية أحكم صوغها، تسترشد بمجموعة من المبرهنات والبراهين التي تعضد خياراتنا للخصائص التي تتسم بها هذه المفردات، من حيث الصحة، والإحاطة للموضوع الذي تعنى به مادة هذه الأنطولوجيا. وبهذه الخطوات سنضمن بلوغ أنطولوجيا متوافقة مع النهج الاصطلاحي، لكون مادتها تصلح للمعالجات المحوسبة، بعيداً من الممارسات التي نتعهدها بها إذا كانت قد أنشئت وفق المعايير الفلسفية الصرفة. وقد أنشئ (في بداية التسعينيات من القرن العشرين) الكثير من الأنطولوجيات المحوسبة بواسطة تقنيات الذكاء المحوسب، والتي ارتكزت على «المنطق أحادي الدرجة» (First-order Logic)، ثم بوشر باستخدام أنماط جديدة من تقنيات البيان المعرفي، والتي ارتكزت على المنطق الوصفي، حيث نلاحظ استخدامها بكثرة في الشبكات الدلالية (Semantic Web)[١٥].

ويمكن اختصار المسار السليم للنهج المعتمد في صوغ الأنطولوجيا المحوسبة بالمبادئ الأساسية الآتية[١٦]:

ـ ينبغي أن تتألف مادة البيئة المعرفية (التي نريد إنشاء أنطولوجيا لوصفها)، من مجموعة كيانات يمكن تصنيفها إلى مجموعتين: نطلق على **الأولى**، الكيانات الشمولية (Universals)؛ وعلى **الثانية**، الكيانات المحدّدة (Particulars).

ـ ينبغي أن نوظف الكيانات الشمولية[١٧] بوصفها بنى جوهرية لصوغ الأسس والأطر النظرية للفضاء المعرفي الذي يقع في دائرة اهتمامنا، وتمتاز بكونها كيانات غير قابلة للتكرار، شأنها شأن المثل الأفلاطونية أو أي وصف عام.

---

(١٥) Asunción Gómez-Pérez, Mariano Fernández-López and Oscar Corcho, *Ontological Engineering* (London: Springer-Verlag, 2004).

(١٦) Barry Smith and Werner Ceusters, «Ontological Realism: A Methodology for Coordinated Evolution of Scientific Ontologies,» *Applied Ontology*, no. 5 (2010), pp. 139-188.

(١٧) الكيانات الشمولية هي وصف لكيان فيزيائي، أو وصف محدّد، يتّسم بالعمومية، وأن لكلّ كيان من هذه الكيانات مجموعة متنوعة من الكيانات المحدّدة، والتي يُعَدُّ كلّ منها شاهداً أو أنموذجاً حيّاً على حضور الكيان الشمولي على أرض الواقع. بعد ذلك يمكن تقسيم الكيانات الفردية إلى تشكيلة متنوّعة من المجموعات وفق قواسم مشتركة من الخصائص التي تجمعهم ضمن مجموعة واحدة.

ـ تشمل الكيانات المحددة كيانات فردية، تقيم في الزمان والمكان، وتعد حالات خاصة غير قابلة للتكرار، كونها تمثل حالات ملموسة على أرض الواقع، ولا يوجد في العالم كيان متكرر في الزمان والمكان ذاته.

وعلى هذا الأساس، سيصبح المفهوم الجديد للأنطولوجيا المحوسبة أنها عبارة عن توصيف جليٍّ لمجموعة من الكائنات المعلوماتية، والمفاهيم، وتشكيلة متنوعة من الكيانات الرقمية، التي يفترض حضورها في نسق من الأنساق المعرفية التي تعالج ميداناً معرفياً محدداً، وتصف العلاقات التي تربط هذه الكيانات، والمفاهيم مجتمعة. بصورة عامة، تتألف مادة الأنطولوجيا من مفاهيم ومبادئ مجرّدة، وشبكة من العلاقات والخصائص التي تحدد هويتها الوجودية وحقول استخداماتها. بيد أن هذا الأمر لا يمنع وجود أنطولوجيات تحتوي على أمثلة وشواهد من المفاهيم والمبادئ، جنباً إلى جنب مع العلاقات التي تشد بعضها إلى بعض داخل حدود النسق المعرفي للأنطولوجيا[١٨].

٢ ـ الأنموذج الأنطولوجي المحوسب

تتألف البنى الأساسية للأنموذج الأنطولوجي من حضور الكيانات المعلوماتية والعلاقات التي تربط في ما بينها في نطاق معرفي محدد. وتتميز العلاقات التي تربط كيانات الأنطولوجيا المحوسبة بثرائها عندما نقارنها بالعلاقات التي تربط حقول البيانات في القواعد العلائقية، وذلك لأن أنموذجها المحوسب يوظف الشبكات الدلالية في ربط كياناتها بالعلاقات التي تجمعها وترسخ المعاني المستوطنة في مجالها المعرفي.

ويظهر هذا الأمر بجلاء من خلال ممارستها عملية توسيع دائرة أنموذج العلاقات الذي يربط كياناتها إلى أنموذج أشد انفتاحاً يتألف من كيانات مرتبطة مع العلاقات وكيانات العلاقات ذاتها، وهو ما يوفر فرصة إدخال أنماط جديدة من العلاقات التي تربط بين الكيانات المعلوماتية والتي تتسم بتعقيد في نسيج ترابطاتها.

وقد أسهم التطور المتلاحق في مجال تطوير تطبيقات الأنطولوجيا المحوسبة في بروز أنساق متعددة، الأمر الذي تطلب اعتماد أكثر من نهج لتصنيفها في ضوء خصائص العناصر التي تؤلف مادتها، وطبيعة استخداماتها، وحقول التطبيقات. وقد حاولنا لملمة هذه الأنساق في الجدول الرقم (٧ ـ ١)، لتوفير صورة واضحة المعالم عن أهم فئات الأنساق المعتمدة في إنشاء الأنموذج الأنطولوجي المحوسب.

---

(١٨) Smith, «Ontology and Information Systems».

الجدول الرقم (٧ ـ ١)

تصنيفات الأنساق الأنطولوجية المحوسبة

مبدأ التصنيف	التفاصيل
نهج أسلوب الوصف	• الوصف باللغة الطبيعية وبعبارات فضفاضة تخلو من قواعد لغوية حاكمة وبعيداً من النهج الوصفي القياسي. • الوصف بلغة طبيعية مع تبني قواعد لغوية ومنطقية صارمة توجّه مضامينها، وتزيل الغموض عن عباراتها. • الوصف بإحدى لغات الذكاء الاصطناعي الرسمية. • الوصف بلغة رسمية ذكية تسودها قواعد دلالية واضحة، وتدعمها فرضيات وأسس متينة.
نهج الغاية من إعدادها	• أنطولوجيا تطبيقية تستخدم لدعم تطبيق معرفي محدد. • أنطولوجيا مرجعية تستخدم في تطبيقات لدعم الفهم المشترك وتوضيح المفاهيم في بيئة يشترك فيها العنصر البشري مع الوكلاء الأذكياء.
نهج التعبير عن المضمون	• أنطولوجيا ضخمة ثرية بمضامينها تحوي مجموعة من البديهيات والمبادئ بما يضمن خلوها من الغموض المفاهيمي، ويتجاوز عقبة التأويل غير السليم لعناصرها. • أنطولوجيا مصغرة تتألف من هيكلة رمزية مبسطة تضم العناصر والتعريفات المناظرة لها. تتميز بمحدودية استخدامها بسبب شحة عناصرها، وعدم التوسع في نسيج العلاقات المقيمة بين عناصرها.
نهج ميدان التخصص	• أنطولوجيا شاملة تضم مبادئ يمكن اعتبارها شاملة في أكثر من حقل، ويطلق عليها اصطلاح أنطولوجيا المستوى الأعلى. • أنطولوجيا جوهرية تعرّف خلالها المبادئ والمفاهيم التي تتميز بشموليتها عبر أكثر من نطاق معرفي. ولا يوجد ثمة حدود فاصلة تميز هذه الأنطولوجيا من الأنطولوجيا الشاملة إلا عند استخدامها في بناء هيكلة أنطولوجية للمكتبات. • أنطولوجيا النطاق والتي تستخدم في إنشاء أنساق مفاهيمية خاصة بفضاء معرفي محدد.

المصدر: Catherine Roussey, «Guidelines to Build Ontologies: A Bibliographic Study,» LIRIS, INSA De Lyon, Technical Report no. 1, Version; 1 (November 2005).

وتتألف مادة الأنموذج الأنطولوجي المحوسب من مجموعة عناصر تشكّل لحمته المعرفية (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٢)).

الجدول الرقم (٧ ـ ٢)

العناصر المستخدمة في إنشاء الأنطولوجيا المحوسبة

العنصر	التمثيل
الأفراد Individuals	الشواهد أو الكيانات التي تستخدم لوصف عموميات أو مسائل كلية.
الأصناف Classes	مجاميع، مبادئ، أو مفاهيم تستخدم لوصف أنواع من الكائنات، أو شيء من الأشياء.
الصفات Attributes	المظاهر، والخصائص، والسمات، والملامح أو المميزات التي تتصف بها الكائنات أو الأصناف، أو تصلح لأن تكون من محمولات خصائصها الذاتية.
العلاقات Relations	الأسلوب أو الطرائق التي ترتبط من خلالها الأفراد أو الأصناف مع بعضها البعض.
وظائف المفردات Function Terms	مجموعة من البنى المعقدة التي تتألف من نمط محدد من العلاقات ويمكن استخدامها كبديل لمفردة فريدة في بيان محدد.
المحددات Restrictions	مجموعة أوصاف ينبغي الإعراب عنها لما يجب وجوده لضمان قبول تأكيد ما بوصفه مدخلاً من مدخلات عمليات المعالجة المحوسبة.
القواعد Rules	عبارات تصاغ بنسق «إذا ـ عندئذ»، (سابق ـ لاحق) تصف نمطاً من الاستدلال المنطقي يمكن استنتاجه من توكيد في صورة محددة.
البديهية Axiom	توكيد منطقي يضمن مجموعة من قواعد الاستدلال في صورة منطقية، ويمكن أن تشتمل على النظرية الكلية التي تسعى الأنطولوجيا إلى وصف نطاقها المعرفي.
الحوادث Events	ما تمر به الصفات والعلاقات من عمليات تغيير واستحالة.

المصدر: D. Pierson, «An Introduction to the Semantic Web: Concepts, Platforms and Tools,» MPHESIS (New York), White Paper (2012).

توظف الأنطولوجيا هذه العناصر، في هيكلة الحقائق، وإنشاء العلاقات التي تربطها مع بقية العناصر، ضمن أنموذجها المحوسب، ووفق نسق محكم، يمنحها القدرة على الاستنتاج، وتحديد معالم الحقائق التي يمكن اعتمادها وبنسب مقبولة من الموثوقية بصحة استنتاجاتنا. ويطلق على الآلة البرمجية التي تمارس الأنشطة المحوسبة للأنطولوجيا «العقل الدلالي» (Semantic Reasoner). وتتألف هذه الآلة من ماكنة للاستدلال، وأخرى للقواعد المنطقية، طمرت في بيئة برمجية ذكية، تمتلك القدرة على استنباط سلسلة من النتائج المنطقية نتيجة لسبر مجموعة الحقائق والبديهيات التي تشكل مدخلات جوهرية للأنموذج المحوسب.

وتتناسب صيغ الأنطولوجيا المعلوماتية مع هوية الخصائص السائدة في بيئة الفضاء المعلوماتي، وتتميز بحضور فاعل لقواعد البيانات، مع سيادة منطق رياضي صارم يحكم قبضته على شبكة من العلاقات البيّنة بين عناصرها.

أما إذا أردنا تحديد هوية الأنموذج، الذي يتناسب مع خصائص الأنطولوجيا التي نريد صوغها، فسنكون بحاجة إلى العودة إلى أنموذجي نظرية المعرفة، الأرسطي[١٩]، والكانطي[٢٠]. فالأنموذج الأرسطي يرى أن العالم حافل بأنساق متعددة يمكن للمتأمل أن يزيل اللثام عن حضورها الباطن. ومهما لاحظنا من تعارضات بين النسق الذي تلمسنا حضوره بصورة كلية على أرض الواقع مع حالات خاصة، فهو أمر مقبول يمكن التعامل معه في ضوء الكل الذي يلمّ شتات جميع الكينونات والأحداث.

من جهة أخرى تعامل الأنموذج الكانطي مع العالم بوصفه بيئة تسودها سمة غياب التعيّن، ووجود فوضى ظاهرية نتيجة تعقد مشهد الواقع الأرضي، الذي لم تتوافر لغاية هذا التاريخ آلة منطقية قادرة على تفسير الكم الهائل من الكينونات المقيمة فيه، وتفسير النسيج المعقد من شبكة العلاقات المتداخلة بين هذه الكينونات. وعليه، تبرز المعالجة الكانطية بوصفها معالجة جزئية وفق أنموذج فهم نحاول فرضه للتعامل مع هذه الكينونات وإرغامها على الالتحاق بنسق معرفي يعيننا على التعامل معها وفهم العلاقات التي نفترض حضورها في ما بينها.

وعليه، إذا رجعنا بيئتنا المعلوماتية وما تحويه من قواعد بيانات، سنجد أن ما يتم توفيره كمدخلات للنظام هو ما يمكن للآلة المحوسبة أن تدخله في عمليات الحوسبة

(١٩) نسبة إلى الفيلسوف أرسطو.
(٢٠) نسبة إلى الفيلسوف إيمانوئيل كانط.

والمعالجة، وأن أي شيء لا يقيم في هذه البيئة، لا يعدّ موجوداً بالنسبة إلى هذه الآلة، ولا يمكن أن نفترضه حتى في بيئة أخرى ما لم يتم زجه ضمن بيئة النسق المحوسب للآلة ذاتها. بمعنى آخر، لا يوجد أنموذج متكامل يصف الحالة، بل هي حالة فردية نعالجها وفق أنموذج فهم جزئي، يمكن أن تعاد حوسبة مادته بنسق يتضمن حالة إضافية ليولد لدينا نتائج من نمط آخر، بصرف النظر عن مدى انطباق النتائج الجديدة مع سابقتها، أو عدم انطباقها.

٣ ـ العناصر البنيوية للأنطولوجيا المحوسبة

وقد حفلت كتب الذكاء الاصطناعي بحضور ملموس لوصف عناصر الأنطولوجيا التي تستخدم في البيئة المعلوماتية، وبمستويات مفاهيمية متعددة، بيد أنها تجتمع تحت مظلة قاسم مشترك واحد هو النسق المفاهيمي للفضاء المعلوماتي وتطبيقاته.

بيد أنه من الضروري لفت الانتباه إلى مسألة مهمة، وهي أن عملية صناعة الأنطولوجيا لا تخلو من فجوات مفاهيمية قد تنشأ عن قصور معرفي في اختيار عناصرها أو صيغة التعريف الدقيق لمكوناتها، كما أنها قد تعالج المسألة المطروحة وفق منظور قد تغيب عنه تفاصيل تستقر لدى منظور آخر. وعليه، نجد أنفسنا على الدوام أمام هيكلة معرفية بحاجة إلى إعادة مراجعة، وتوفير المزيد من التفاصيل، وتوسيع دائرة الاصطلاح كي تتمتع بمرونة وقدرة على بلوغ مرتبة شمولية مقبولة.

وتتوافر مجموعة من المفردات الأساسية التي تستخدم بكثافة في إنشاء الهيكلة المعرفية لمجموعة متنوعة من الأنطولوجيات المعلوماتية. وسنحاول توظيف المفاهيم السائدة في البيئة المعرفية المعلوماتية بعيداً من المفاهيم الفلسفية التي لم تعد تتطابق مضامينها مع الاستخدامات الجديدة التي بات يحفل بها المشهد المعرفي الرقمي.

أ ـ المفهوم

يعد المفهوم (Concept) من اللبنات الأساسية التي يرتكز عليها بناء النسق المعرفي للأنطولوجيا. وهو يتمتع بمجموعة متنوعة من الدلالات ترتبط كل منها بمنظور المعالجة التي يتناولها، فهناك معنى للمفهوم من جهة نظر فلسفية تحليلية صرفة، وآخر ذو صلة بالتفسير الألسني، وثالث تستأثر به هندسة المعرفة ذو صلة بالنسق المفاهيمي الذي بات يستوطن بيئة المعلومات والمعرفة الجديدة.

بصورة عامة، يمكن أن نعد المفهوم عبارة عن كينونة مفاهيمية (Conceptual Entity) تستخدم للدلالة على مفاهيم تتسم بسمات تنزع إلى الكلية. ويطلق على المفهوم، في بعض الأحيان، اصطلاح الصنف أو التبويب (Class) في إشارة إلى كيانات مجردة أو مادية، سواء كانت أولية، أو مركّبة، واقعية، أو متخيلة. وقد يكون المفهوم عبارة عن توصيف معرفي لمهمة ما، أو وظيفة، أو نشاط، أو عملية استدلال منطقي[٢١].

أما على الصعيد الألسني فيرتبط المفهوم بتوظيف التصورات والأفكار العامة بنمط مجرّد يمكن أن نقصي من خلاله الفروق العرضية لنركز اهتمامنا على السمات المميزة للهوية، والعلاقات التي يمكن أن تمنحنا فرصة الاستدلال المعرفي. وعليه، يكون المفهوم بديلاً من استخدام الكلمات، أو الألفاظ التي نستعملها في حياتنا اليومية لكي نمنح أنفسنا فرصة التعامل مع كيانات أكثر انفتاحاً على بيئة المنطق الرياضي، والوصف المعرفي الذي يتيح لنا فرصة حوسبة مادة الكينونة التي يعبر عنها المفهوم، داخل حدود الأنطولوجيا المحوسبة.

ب ـ الأصناف

تعد آلة لوصف المفاهيم من خلال المنظور الشمولي في معالجة حضور الكيانات المختلفة داخل حدود بيئة الأنطولوجيا المحوسبة. وبالنسبة إلى الشواهد المستخدمة في نطاق العبادات، ستشمل المفاهيم: العبادات (الصلاة، الصيام، الزكاة، الحج). الصلوات (فرض الأعيان، فرض الكفاية، السنن، الفضائل، ما له سبب من التطوع، وصلوات ممنوعة). وأحكام الصلوات (فرائض، سنن، فضائل، مكروهات فيها، ومفسدات لها). وبصورة عامة، تنتظم الأصناف في بيئة الأنطولوجيا ضمن هيكلة تصنيفية تتناسب مع الغاية التي أنشئت الأنطولوجيا لأجلها.

ج ـ النطاق

يمثل «النطاق» (Domain) شريحة محددة من الواقع التي تشكّل مادة موضوع محدد لعلم من العلوم، أو نهج من المناهج علمي، وغيرها من موارد واقعنا اليومي. فنطاق الفقه يمثل مجموعة متنوعة من المسائل العلمية التي تعنى بالأحكام الشرعية التكليفية، ونطاق عالم الشهادة يسري على عالم الشهود الذي نقيم ونمارس حياتنا فيه.

---

(٢١) المصدر نفسه.

وعندما نريد أن ننشئ أنطولوجيا لوصف مجموعة من الكيانات المعرفية، سنكون بحاجة إلى تحديد النطاق الذي سيلقي بظلاله على تشكيل معانيها ودلالاتها ضمن رقعة هذه الشريحة من شرائح الواقع.

د ـ الأفراد

تعد مفردة الأفراد (Individuals) من كائنات المستوى المعرفي الأول، ويطلق عليها في أحيان أخرى «المحدّدات» (Particulars) أو «الأمارات» (Tokens). ويمكن تمثيلها في الأنطولوجيا التي سنحاول صوغ بعض أجزائها، بحالات محددة، تمثل صلاة الضحى، فضيلتها، ووقت أدائها، ومستحباتها، وغيرها من التفاصيل ذات الصلة بهذه الصلاة. ويمكن أن نقتصر في وصف الأفراد على ميزة واحدة أو نعتمد مجموعة من الخصائص التفصيلية لتمييزه من غيره من الأفراد.

هـ ـ الكينونة

وصف يطلق على أي كينونة وجودية (Entity) سواء كانت كائناً رقمياً، أو نمطاً من المعالجات، أو خاصية يتصف بها الكائن، أو حالة من الحالات الوجودية التي يمرّ بها الكائن في المستويات الثلاثة، بحيث يمكن أن تستوطن أنموذجاً معرفياً، أو وصفاً، أو تصديقاً، أو وثيقة نص.

و ـ العلاقات

العلاقات (Relations) وصف منطقي/ رياضي لنمط محدد من الارتباط القائم بين مجموعة من المفاهيم أو التصورات لنطاق معرفي محدد. وتعرّف العلاقات على أنها عبارة عن مجموعة ثانوية من حاصل ضرب عدد غير محدود من المجاميع.

قد تحتوي الأنطولوجيا المحوسبة علاقات بنمط ثنائي فيطلق على الشق الأول «نطاق العلاقة» (Domain of the Relation)؛ بينما يطلق على الشق الثاني منها «مدى العلاقة» (Range of the Relation). وبالنسبة إلى الشواهد فإن العلاقة الثنائية (Subclass-Of) قد تستخدم لبناء الهيكلة التصنيفية للصنف ذاته. ويمكن أن نضرب مثالاً على هذا النمط من التصنيف:

- صلاة الفضائل هي صنف ثانوي للصلاة.
- الصلاة هي صنف ثانوي للعبادات.

وتستخدم العلاقات الثنائية في ربط أكثر من هيكلة تصنيفية، بينما تستخدم في اوقات أخرى لبيان خصائص المفاهيم المجاورة لها. ويمكن أن نفرّق بسهولة بين الخاصية أو العلاقة التي تجاورها بالحضور في الأنطولوجيا ذاتها، لأن مدى الخاصية يرتبط بنوع البيانات سواء كانت عددية أو منطقية، بينما يرتبط مدى العلاقات بالمفهوم ذاته.

ز ـ الدالة/ الوظيفة

تعد الدالة/ الوظيفة (Function) حالة خاصة للعلاقات التي تستخدم لوصف الارتباط القائم بين عناصر الأنطولوجيا المحوسبة. ويتميز العنصر ذو المرتبة النونية (n^{th} Element) للعلاقة بخصائص فريدة نسبة إلى العناصر التي تسبقه (أي ذات المرتبة n-1 Elements). ويمكن أن نضرب مثالاً على «الدالة/ الوظيفة» بمقدار زكاة المال، والتي تحتسب بواسطتها الزكاة المفروضة على رأس مال المسلم من النقود بعد اعتماد النسبة التي فرضتها الشريعة على الأموال المزكاة.

ح ـ الشواهد

تستخدم الشواهد (Instances) لتمثيل العناصر أو الكيانات الفردية المقيمة في الأنطولوجيا المحوسبة ووصفها بأسلوب يعلن عن نمط حضورها. ونضرب مثالاً على شاهد لمفهوم صلاة الضحى، إذ هي صلاة فضيلة، وعبادة مستحبة، يثاب فاعلها ولا يعاقب تاركها، يبدأ وقتها بارتفاع الشمس قدر رمح، وينتهي حين وقت الزوال، ويراوح عدد ركعاتها من اثنين إلى ثمانية.

ط ـ الوصف المعرفي

الوصف المعرفي (Representation) عبارة عن معالجة معرفية تنمو داخل حدود فكرة، أو صورة، أو سجل، أو وصف يشير إلى كينونة أو حالة ما تقيم خارج حدود الوصف.

ي ـ نهج التصنيف

يرتكز نهج التصنيف (Taxonomy) على مجموعة من التفرعات الشجرية، التي تعتمد لوصف مجموعة من الأصناف والتعميمات، التي تعرض ضمن مجموعة من العقد، تمتلك كل منها مجموعة من الخصائص تميزها من بقية الأصناف، والمترابطة مع بعضها البعض بعلاقات تجمعها ضمن نسيج وصف أنطولوجي.

٤ ـ دورة إنشاء هيكلة مفاهيمية لأنطولوجيا محوسبة

لكي نشرع بصورة سليمة في تحديد الخطوات التي ينبغي اتباعها عند مباشرتنا عملية إنشاء أنطولوجيا محوسبة، نجد لزاماً علينا إعادة قراءة تعريفها، ومناقشة المبادئ الاصطلاحية التي تحدد معالم نسقها المفاهيمي. إن أكثر التعريفات شمولاً للأنطولوجيا هي التي تعدّها وصفاً صريحاً لتصور يعالج حقلاً معرفياً محدداً. أما إذا أردنا أن نخصص المفهوم ليكون متسقاً مع الأنطولوجيا المحوسبة، التي تستخدم في بيئة ذكية رقمية، فسنضطر إلى إضافة قيدين إضافيين: **الأول**، أن تكون ذات وصف رسمي يمكن التعامل معه في بيئة محوسبة لا تفتقر إلى تدخل العنصر البشري؛ **والثاني**، أن يكون المحتوى المعرفي المطروح ضمن نسقها المفاهيمي قابلاً للمشاركة في بيئة تواصل معرفي محدد.

إذن، إن إنشاء الأنطولوجيا المحوسبة سيعني بالضرورة، داخل البيئة الذكية المحوسبة، أمراً أساسياً هو المباشرة بصوغ تصور يرتكز على معالجة مفاهيمية تتألف مادتها من مجموعة متنوعة من العناصر، تشمل: الكيانات، والمبادئ، والمفاهيم؛ التي يفترض وجودها في حقل معرفي محدد، وبحضور شبكة من العلاقات التي تربط هذه العناصر في رؤية مجردة، مبسطة لنطاق معرفي محدد من العالم الواقعي، نأمل تمثيله بنسق رياضي و/ أو منطقي يمكن أن تعالج مادته بآليات محوسبة تسعى إلى استخلاص العصارة المعرفية المصاحبة للحضور الضمني أو الصريح لعناصره، ومن خلال توظيف النسق المفاهيمي الذي نشأ عن التصور ذاته. وهي في الوقت ذاته عملية تمر بسلسلة من مراحل النضج المفاهيمي، نتيجة عملية الإثراء بالمبادئ والعلاقات إلى حين بلوغ مستوى معرفي يناظر طبيعة الحاجات التي أعدت أنطولوجيا المحوسبة من أجلها. وهنا يمكننا أن نتعامل معها بوصفها مشروعاً يقارب إلى حد كبير المشروع الهندسي الذي يتطلب حضور مديرٍ نابهٍ يتابع سير عملياته التي يمكن أن نقسمها إلى مجموعة أنشطة هي:

ـ التخطيط لمحتوى الأنطولوجيا وغاياتها.

ـ تحديد النطاق الذي ستعنى به.

ـ البحث عن موارد المعرفة التي ستنهل منها مادتها.

ـ إعداد هيكلة النسق المفاهيمي.

ـ تقييم الدور الذي تمارسه الأنطولوجيا في سبر المضامين المطلوبة.

ـ إعادة مراجعة موارد المعرفة وممارسة التغييرات المستجدة على النسق المفاهيمي الذي ستستمد الأنطولوجيا قدراتها من تماسكه لضمان ديمومة أدائها السليم.

إن تشخيص طبيعة محتوى الأنطولوجيا يعد خطوة مهمة لتحديد ما نروم بلوغه من عملية إنشائها، والنطاق المعرفي الذي ستعنى بمعالجته آلتها المنطقية. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام الأنطولوجيا المحوسبة حول فرائض الصلاة وسُننها وآدابها للحصول على إجابات حول هذه المسائل تلتزم بفقه الشريعة وما صح من حديث وآثار بعيداً من الآراء الشاذة. وفي الوقت ذاته تشخص أمامنا مسألة هوية المستخدمين لهذه الأنطولوجيا، وطبيعة حاجاتهم، وما يرومون الحصول عليه من مخرجاتها الرقمية.

أما نطاقها المعرفي فيسهم في تحديد الإطار العام الذي سيحوي مجموعة المبادئ والمفاهيم والعلاقات التي تربط في ما بينها، ومن سيتعامل مع مجموعة المبادئ وما يروم بلوغه من استخدامها، فتتحدد من خلال هذه المراحل حدود ومادة نسيج الأنطولوجيا المطلوبة.

المرحلة الأولى، تحصيل المعرفة: تبدأ هذه المرحلة عندما نشرع بجمع واستقصاء جميع الموارد المعرفية ذات الصلة بنطاق الأنطولوجيا المحوسبة التي نروم إنشاءها. ويمكن لهذه الموارد أن تتوزع بين:

- أنطولوجيا شاملة أنشئت لوصف معانٍ كلية.
- كشاف اصطلاحي لمعجم لغوي، أو موسوعة علمية، أو قاموس مرادفات.
- وثائق تقنية، أو تقارير.
- أدوات معلوماتية، أو خوارزميات محوسبة.

ويمكن أن تُستنبط المعرفة بطرائق عدة، منها التواصل مع أهل الخبرة والدراية، وتوظيف نهج التحليل الصوري، أو استخدام أدوات استنباط المعرفة من النصوص أو البيانات غير المهيكلة، مثل تقنية التنقيب المعلوماتي أو المعرفي في عناصر النصوص الرقمية التي تتوافر بكثرة على شبكة الإنترنت.

ويمكن أن يثمر هذا النهج في اقتناص أهم الاصطلاحات والمفردات المعرفية ذات الصلة بنطاق الأنطولوجيا المحوسبة، مع تحديد دلالاتها اللغوية. ويتم في هذه المرحلة التعامل مع الاصطلاح بوصفه أحد المبادئ أو المفاهيم التي تتألف منها مادة النسيج الأنطولوجي للحقل المعرفي المناظر للنصوص، مع الأخذ بعين الاعتبار إمكانية أن تتغير دلالة هذا المفهوم في نص آخر الأمر الذي يسهم في توسيع دائرة معانيه.

ومع قرب اكتمال مرحلة تحصيل المعرفة سنكون قد استقصينا المفاهيم والمبادئ التي يمكن أن ننشئ منها معجماً للمفاهيم مع بيان دقيق لدلالاتها واستخدامها

الاصطلاحي. ولكي تكون الحصيلة المعرفية متوافقة مع النسق الأنطولوجي، نرى من الضروري معايرة النسيج الدلالي للمفاهيم عبر تجميع الاصطلاحات المترادفة بمفاهيمها، لكي نمهّد لمرحلة إنشاء النسق المفاهيمي الذي سترتكز عليه الأنطولوجيا المحوسبة وتستمد منه القواعد والمبادئ.

المرحلة الثانية، إنشاء النسق المفاهيمي: يمكن أن تعدّ هذه المرحلة انتقالاً من دائرة مفردات الاصطلاح اللغوي باتجاه إنشاء المفاهيم من خلال سلسلة من المعالجات التي نحاول من خلالها التنقير عن هذه المبادئ، وتحديد دلالاتها، ثم ترتيب حضورها المفاهيمي ضمن نسق معرفي يتناسب مع المجال الذي تُعنى بمعالجته.

وتسوقنا عملية إنشاء النسق المفاهيمي إلى تنظيم المبادئ وفق مسارات النسيج الرابط للعلاقات القائمة في ما بينها. ويمكن أن نؤشر إلى العلاقة الأولى من خلال توظيف سمة التماثل الدلالي، ثم نلجأ إلى توجيه مسارات العلاقة الثانية باتجاه تبويب العلاقات في ضوء الدور الذي يمارسه المفهوم داخل النسيج الأنطولوجي، حيث تبرز هنا وهناك علاقات مباشرة وأخرى غير مباشرة تمثل كل منها ما يعرف ببصمة العلاقة الرابطة بين المفاهيم. ويمكن للعلاقات أن توسم بالأفعال، أو بمجاميع أفعال، فتمارس عملية التقسيم اللغوي لحضور الاصطلاحات داخل حدود النص المطروح للمعالجة الأنطولوجية.

المرحلة الثالثة، ممارسة التمثيل الصوري: تبرز في هذه المرحلة الحاجة إلى إنشاء هيكلة مفاهيمية مناظرة للتمثيل الصوري الذي يصف مادة الأنطولوجيا المحوسبة. ويمكن تلبية حاجتنا إلى هذا الأمر من خلال انتقاء اللغة التي تتمتع بقدرة كافية في الاستحواذ على المعاني المستوطنة في بنية التمثيل الصوري الذي قد نجحنا في بلوغه عند تخوم هذه المرحلة.

المرحلة الرابعة: تقييم الهيكلة الأنطولوجية: لا يمكن البدء في عملية تقييم الهيكلة الأنطولوجية ما لم نباشر في تجميع مكوناتها ضمن نسق مفاهيمي متكامل لضمان تشكيل القاعدة المعرفية التي ستستمد منها حضورها في البيئة المحوسبة. وتتوافر بين أيدينا مجموعة متنوعة من سمات وخصائص الهيكلة الأنطولوجية التي يمكن أن تستخدم بوصفها الأرضية التي ترتكز عليها عملية التقييم، منها:

- تكامل عملية تمثيل المجال المعرفي، بحيث تكون الهيكلة الأنطولوجية قد ضمنت تجاوز العقبات المعرفية المصاحبة: العلاقات المقيمة بين المفاهيم والمبادئ،

غياب بعض العلاقات أو المفاهيم من النسق المفاهيمي، أو اختيار مبادئ أو علاقات لا تمتلك قيمة أو حضوراً إيجابياً في عملية التمثيل المعرفي للأنطولوجيا ذاتها.

- مدى دقة المحتوى المعرفي الذي أودع في قواعد المعرفة المصاحبة للأنطولوجيا، ومستوى توافقه مع آلية عمل آلة الاستدلال المعرفي، وإلى أي حد كان حضور المبادئ (في إحدى طبقات الهيكلة الأنطولوجيا) سليماً، وهل أن آلة الاستدلال المعرفي ستمارس عملية إنتاج معرفة حقيقية أم مزيفة؟

- هل أن الأنطولوجيا التي عكفنا على إنشائها كافية لتلبية احتياجات المستخدمين في التأكد من تماسك ادائها؟

المرحلة الخامسة، توثيق عناصر الأنطولوجيا: من الضروري عند كل مرحلة من مراحل إنشاء الأنطولوجيا المحوسبة أن توثق جميع الاجراءات التي اعتمدت لبلوغها، مع بيان طبيعة العقبات التي اعترضت العمل وكيف أفلحنا في تجاوزها كي تكون دليلاً يسترشد به في تطويرها، أو إعداد أنساق معرفية تتفق مع المضامين التي أودعت في هيكلتها.

كذلك ينبغي أن توثّق جميع التعريفات التي اعتمدت في صوغ المفاهيم التي ارتكزت عليها الأنطولوجيا، مع تبرير العلاقات التي اعتمدت في لملمة هذه المفردات ضمن نسيجها المعرفي، لكي تتضح معالم الإطار العام الذي كان أساساً لبنيتها المفاهيمية.

٥ ـ أنواع الأنطولوجيات المحوسبة

بصورة عامة هناك أكثر من نهج في تقسيم الأنطولوجيات المحوسبة[٢٢]. فهناك أصناف بحسب الإطار العام، وآخر بحسب الشمول، وثالث بحسب الدور الذي تمارسه ضمن المجال المعرفي.

فعلى أساس الإطار العام يبرز أمامنا صنفان من الأنطولوجيات: **الأول**، أنطولوجيات ثابتة (Static Ontologies)؛ **والثاني**، أنطولوجيات حلول (Problem Solving Ontologies). (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٣)).

(٢٢) Nicola Guarino and Pierdaniele Giaretta, «Ontologiesand Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification,» IOS Press (Amsterdam) (1995).

الجدول الرقم (٧ ـ ٣)

أصناف الأنطولوجيات المحوسبة بحسب إطارها العام

الصنف	الوصف
أنطولوجيات ثابتة	يستخدم هذا النمط من الأنطولوجيات لالتقاط المعرفة الصريحة حول مجال من المجالات.
أنطولوجيات حلول	يستخدم هذا النمط من الأنطولوجيات لتوفير بيئة استدلال داعمة لطرح مجموعة من الحلول المناسبة لكل حالة من الحالات.

أما على صعيد أصناف الأنطولوجيات في ضوء مساحة شمولها، فهناك ثلاثة أصناف أساسية من الأنطولوجيات المحوسبة: **الأول**، أنطولوجيات المجال (Domain Ontologies)؛ و**الثاني**: أنطولوجيات عامة (Generic Ontologies)؛ و**الثالث**: أنطولوجيات تمثيلية (Representational Ontologies) (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٤)).

الجدول الرقم (٧ ـ ٤)

أصناف الأنطولوجيا المحوسبة

الصنف	الوصف
أنطولوجيا المجال	يعتمد هذا النمط من الأنطولوجيات لتمثيل الموارد والنظم المعرفية ذات الصلة بمجالات محددة، مثل: المجال الفلسفي، المجال الهندسي، المجال الصحي... إلخ.
أنطولوجيات عامة	يتميز هذا النمط من الأنطولوجيات بإمكانية استخدامها في مجالات متعددة، وتتميز ببنية شمولية ومرنة تجعلها قادرة على التطبيق في ميادين تقنية متعددة.
أنطولوجيات تمثيلية	ويسهم هذا النمط من الأنطولوجيات في التمثيل العام للكيانات التي تتألف منها الأنطولوجيا دون الحاجة إلى تعريف دقيق لمكونات هذه الكيانات.

أما على صعيد أصناف الأنطولوجيات في ضوء الدور الذي تمارسه في معالجة الفئات المعرفية، فيبرز أمامنا نوعان منها، هما: «أنطولوجيات مهام» (Task Ontologies)، و«أنطولوجيات منهج» (Method Ontologies) (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٥)).

الجدول الرقم (٧ ـ ٥)

أصناف الأنطولوجيات في ضوء الأدوار التي تمارسها

الصنف	الوصف
أنطولوجيات مهام	توفر مجموعة من الاصطلاحات والتعابير لممارسة مهام محددة.
أنطولوجيات منهج	توفر مجموعة من الاصطلاحات والتعابير التي تستخدم في حلول المسائل وتجاوز الإشكاليات.

ثالثاً: لغة الخطاب في بيئة أنطولوجيا الويب

تمتلك بيئة أنطولوجيا الويب، شأن بقية البيئات البرمجية، أبجدية ولغة خطاب فريدة، تتميز بجملة من الخصائص التي تلبي حاجاتها، وتذلّل العقبات أمام توسيع دائرة استخداماتها. ورغم شيوع اصطلاح الأنطولوجيا، وبُعده التاريخي الموغل في حفريات الفلسفة الكلاسيكية، فإن حضوره الحديث في بيئة الذكاء المحوسب، قد أثار الكثير من التساؤلات حول دلالته، وأضاف إلى حقيبته مجموعة جديدة من المعاني والمفاهيم (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٦)).

الجدول الرقم (٧ ـ ٦)

مفهوم الأنطولوجيا لدى مدارس الحوسبة الذكية

المدرسة/ النهج	المفهوم
الذكاء المحوسب A.I.	أنموذج تجريدي مبسط لجزء محدد من العالم الواقعي، نروم تمثيله، من خلال لغة تتسم بخصائص دلالية محددة.
التمثيل المعرفي K.R.	وصف لمجموعة من المبادئ والعلاقات التي تسود بيئتها المحوسبة، وفي ظل مجال معرفي تطبيقي محدد، شريطة أن يكون الوصف قابلاً لاستخدام الإنسان، و/ أو العميل الآلي المحوسب الذي يقوم بمعالجته.
نظم المعلومات وقواعد البيانات	عبارة عن مخطط مفاهيمي يتسم بالدقة والوضوح، لحزمة بيانات مهيكلة أو غير مهيكلة بقصد معالجتها من خلال منظور دلالي أو بنيوي محوسب.

كان المشتغلون بميدان الذكاء المحوسب روواداً في إنشاء مجموعة متنوعة من الأنطولوجيات المحوسبة لتذليل الصعاب أمام عمليات تبادل المعرفة في ظل بيئة محوسبة بعيداً من تدخل الكائن البشري. وبدأ المفهوم الجديد يستأثر باهتمام فئات متعددة من المتخصصين في ميدان المعلوماتية والمعالجات المحوسبة، فدخل في دائرة اهتمام الباحثين في قطاعات: هندسة المعرفة، واكتساب المعرفة، ومعالجات اللغات الطبيعية، والتمثيل المعرفي.

وبدأ المفهوم بالمرور في سلسلة من الاستحالات المفاهيمية، نتيجةً لتوسع دائرة الاستخدامات والتطبيقات الجديدة، بحيث أضحت البنية الأنطولوجية المحوسبة أداة فاعلة في مجالات متعددة مثل: التكامل المحوسب للمعلومات، ونظم المعلومات التشاركية، ونظم استعادة البيانات، والمكتبات الرقمية، والتجارة الإلكترونية، وإدارة المعرفة.

ولقد أسهم هذا التوسع السريع في مجال استخدامات أنطولوجيا الويب، في ترسيخ الحاجة إلى توافر لغويات برمجية مرنة، قادرة على تلبية الحاجات المتنوعة للتطبيقات المستحدثة، شريطة أن تسودها مجموعة من القواعد، وفي ظل حزمة من الثوابت الحاكمة لسريان الخطاب المعرفي داخل نسيجها الرقمي. فكانت بداية المخاض السريع لولادة لغويات الأنطولوجيا، وبمختلف أشكالها، ومراتبها.

ولغة الأنطولوجيا، ببساطة، هي عبارة عن لغة خطاب تستخدم لوصف المفاهيم، والعلاقات في وصفٍ مجردٍ، وبمجموعة من العبارات التي تكون قريبة من فهم المستخدم، وتستطيع البيئة المحوسبة أن تتعامل معها بوصفها مدخلات لصناعة قرار أو تنفيذ إجراء محدد.

١ ـ الخصائص الجوهرية للغويات الأنطولوجية

تتفق معظم لغويات الأنطولوجيا المحوسبة في العناصر الأساسية التي تشكل مادة خطابها البرمجي، والتي تشمل:

- المفاهيم الأساسية للمجال الذي هو مدار اهتماماتنا.

- العلاقات الجوهرية التي تربط بين هذه المفاهيم والفئات. ويمكن أن تتسم هذه العلاقات بسمة هرمية (علاقات تربط بين فئات ثانوية والفئات الرئيسة)، وأخرى نجدها حاضرة في البيئة اللغوية للأنطولوجيا، أو علاقة يرسخ مفهومها المستخدم وفق بنية المفاهيم التي يريد حوسبتها بهذه اللغة أو تلك.

• محددات إضافية يروم المستخدم أن يرسّخ جذورها في البناء الأنطولوجي لتحديد معالم الفئات المنبثّة في كيانه، مثل: حدود أو القيود التي يفرضها المجال، أو القيود التي يفرضها جوهر المفهوم أو الفئة التي نروم التعامل معها.

٢ ـ المجال الدلالي للغة الأنطولوجيا

ينبغي أن توفر لغة الأنطولوجيا لمستخدمها إمكانية إنشاء مجموعة متنوعة من البنى الأنطولوجية، ومن خلال صيغ وعبارات تتسم بالوضوح، وسهولة التعبير. إضافة إلى منحه فرصة تحديد المفاهيم، وصياغة التصورات بعبارات منطقية صارمة.

من أجل هذا لكي تكون اللغة قادرة على تلبية حاجات العاملين في إنشاء البنى الأنطولوجية، وبيان الدلالات الكامنة وراء المفاهيم، وتجلية طبيعة العلاقات التي تربط في ما بينها، ينبغي أن تمتلك الخصائص الآتية(٢٣):

• أبنية عبارات واضحة المعالم يمكن أن يستثمرها المستخدم في صوغ عبارات منطقية/ رياضية تحدد معالم المفاهيم، وطبيعة العلاقات من جهة، ويمكن أن يتعامل معها العميل المحوسب بسهولة ويسر.

• حصيلة دلالية دقيقة وواضحة يسهل التعامل معها.

• بيئة داعمة للاستدلال وترسيخ أرضية صلبة لصناعة القرار.

• قدرات تعبيرية متميزة وكافية لتلبية حاجات المستخدم في تشكيل الأنساق المفاهيمية التي ستعبر عنها البنى الأنطولوجية.

• مفردات سهلة التناول، تمنح المستخدم مساحة كافية من المرونة عند التعامل معها، أو صوغ عباراتها لوصف حالات متعددة.

بصورة عامة، ترتكز البنى النحوية للغويات الأنطولوجية على لغة التوصيف الموسّعة «XML»، بالتوازي مع أنواع أخرى من تراكيب الجمل والعبارات البرمجية. ورغم المسائل التي أثيرت حول وجود صعوبات في استخدام بعض عبارات هذه اللغة إلا أنها لا تزال تحتل موقعاً بارزاً بين بقية اللغات الأنطولوجية في وقتنا الراهن، لتوفر أدوات برمجية تدعم المستخدم في صوغ العبارات التي يريدها من خلال سلسلة خيارات توفرها واجهات دعم المستخدم، ودون إقحامه في صوغ العبارات البرمجية المعقدة.

---

(٢٣) Grigoris Antoniou, Enrico Franconi and Franc van Harmelen, *Introduction to Semantic Web Ontology Languages* (Netherland: Amsterdam University, 2005).

٣ ـ اللغة ومسارات الاستدلال المنطقي

عند صوغ قواعد ونحو لغة الأنطولوجيا، ينبغي أن يحضر في أذهاننا ميزان المفاضلة بين القدرة التعبيرية للغة، وكفاءة منطقها الاستدلالي الذي سنوظفه في تحديد معالم مسارات عمليات الاستدلال المنطقي الذي سنمارسه من خلال عباراتها المستوطنة في البنى الأنطولوجية.

وكلما كانت اللغة غنية بمفرداتها، مع تعدد وجوه دلالات ألفاظها، مع وجود حدود غير واضحة بين الحقيقة والمجاز، ابتعدت اللغة عن دائرة الصرامة المنطقية التي تفتقر إليها صيغ النماذج الأنطولوجية، وأضحت غير صالحة للاستخدام في هذا الميدان.

وعليه، نحن نحتاج إلى لغة برمجية تتميز بدقة دلالات مفرداتها، ووضوح عبارات البرمجية، لكي تدعم عمليات الاستدلال وصناعة القرارات التي يروم المستخدم بلوغها من خلال البناء المنطقي المحكم للأنطولوجيا المعلوماتية التي بين يديه.

تضاف إلى ذلك الحاجة المتزايدة إلى توافر آليات وأدوات داعمة لعمليات الاستدلال والاستنباط المعرفي التي تفرضها عملية بناء الهيكلة الأنطولوجية، حيث تبرز أهمية البعد الدلالي في عملية الصوغ. ولم تعد عملية الصوغ اليدوية مقبولة، أو ممكنة تجاه النمو المتزايد في حجم المستودعات الرقمية، وتنامي المحتوى الرقمي المودع في مواقع الإنترنت، فترسخت القناعة بحاجتنا إلى أدوات داعمة لعمليات الاستدلال، توظف آليات محوسبة ترتكز على آلة منطقية متماسكة بحيث تكون قادرة على: مراجعة الخصائص، وتتبع آثار المضامين من محتوى العبارات والحقائق الموجودة في النصوص، وبيان مواطن الخلل والتناقض داخل حدود المحتوى الذي نعكف على تحليله، وتحديد هوية العلاقات التي لا تمتلك تأثيراً معنوياً في البنية الأنطولوجية بغرض استبعادها، وتقليص التكرار في حضور المفاهيم ودلالاتها، وتقويم مسارات الاستدلال، وأخيراً تبويب الحالات بصورة آلية، وإدراجها ضمن الفئات التي تنتمي إليها.

٤ ـ أهم اللغات المستخدمة في أنطولوجيا الويب

بعد أن اتضحت أمامنا أهم الخصائص المطلوبة في اللغة المستخدمة في إنشاء الأنطولوجيا، يمكن أن نعرّج لمناقشة أهم اللغات السائدة في هذا الميدان، وبيان بعض خصائصها لاستكمال معرفتنا بها.

بصورة عامة، يمكننا القول إن لغات الأنطولوجيا تستند إلى المنظور التجريدي الذي يوفره كل من إطار وصف الموارد «RDF»، ولغة أنطولوجيا الويب «OWL» بمختلف طبقاتها ولغاتها الثانوية (التي تشمل: OWL Lite، OWL DL، OWL Full).

ويتم تفعيل كل طبقة من هذه الطبقات اللغوية بناء على طبيعة الحاجات التي يفرضها النهج الذي نعتمده في صوغ الأنطولوجيا، ووفق المبادئ الآتية:

ـ يستخدم إطار وصف الموارد «RDF» عندما تبرز الحاجة إلى هرمية تصنيفية لخصائص محددة، مع توافر أدوات داعمة للتعامل مع البيانات الواصفة للبيانات.

ـ تمنحنا لغة «OWL Lite» فرصة التعبير عن التعريفات، والبديهيات مع تقليص استخدام الخصائص في تحديد الحدود الاصطلاحية للفئات.

ـ تستخدم لغة «OWL DL» لدعم المستخدمين الذين يرومون بلوغ مستوى وصف متقدم، مع استبقاء حضور الخصائص التي يمكن أن تعالج بآليات محوسبة.

ـ تعد لغة «OWL Full» أداة فاعلة بالنسبة إلى المستخدمين الذين يرومون الحصول على مستوى وصف متقدم دون اللجوء إلى معالجات محوسبة.

وقبل أن نشرع في مناقشة خصائص لغة أنطولوجيا الويب «OWL» سنشرع في بيان خصائص إطار وصف الموارد ومخططه (RDF Schema) لتتكامل الرؤية لدينا عن هذه اللغويات المحوسبة.

أ ـ الوصف المنطقي/ الرياضي لإطار وصف الموارد

يتمتع إطار وصف الموارد بمجموعة متنوعة من الخصائص الفريدة، التي تمنحه القدرة على وصف المعلومات بمرونة عالية، وبأقل مستوى ممكن من المحددات المنطقية/ البرمجية، والتي تصبّ بمجملها ضمن دائرة توسيع حجم الفوائد التي يمكن أن نجنيها من الموارد الرقمية المنتشرة بكثافة على مواقع الويب، وتذليل العقبات التي قد تشكّل عائقاً يحول دون توافر إمكانية استرجاعها، وإعادة معالجتها، وترتيب عناصر الأنموذج المعلوماتي السائد في البيئة الرقمية. وقد روعي في تصميم الهيكل الرياضي/ المنطقي لهذا الإطار جملة من الخصائص التي توفر بيئة مناسبة لبلوغ الأهداف الآتية:

ـ أن يتميز أنموذجه المعلوماتي بالبساطة وغياب سمة التعقيد.

ـ أن تسوده مجموعة من الصيغ الدلالية التي تتسم بالوضوح والدقة، ويمكن استثمارها في صوغ مجموعة من قواعد الاستدلال التي يمكن البرهنة على صحتها أو تهافتها.

ـ أن يستخدم مفردات لغوية مرنة للتعامل مع معرّف عنونة الموارد.

ـ أن يدعم أي مستخدم، مهما كان مستوى قدراته البرمجية، على صوغ عبارات تصف الموارد التي يوظفها داخل البيئة المعلوماتية للويب.

ـ أن يوظف أبنية نحوية لبناء جمل تستند إلى لغة توصيف النص الموسّعة[٢٤].

بصورة عامة، يمكننا القول إن إطار وصف الموارد هو عبارة عن أنموذج تجريدي، تتميز بنيته وعباراته المنطقية/ الرياضية بسماتها المستقلة والفريدة. وتتألف مادة هذا الأنموذج المحوسب من ثلاثة عناصر جوهرية هي[٢٥]:

(١) الموارد: ويمكن أن تكون تعبيراً عن كيان معرفي يمكن استعادته من مواقع الويب (سواء كان المحتوى نصاً، أو صورة، أو ملفاً مهما كان نوعه)، ويمتلك معرّفاً عالمياً لعنونة المورد «URI».

(٢) الخصائص: تمثل مجموعة من الميزات التي يمتلكها المورد. وتمتلك كل خاصية من هذه الخصائص مجموعة من القيم العددية/ المنطقية التي تلتصق بهويته الوجودية.

(٣) القيم: ويمتلك المورد نمطين من القيم، **أحدهما**: مجموعة من الحروف أو الرموز التي تستخدم لوصف المورد؛ و**الثاني**: قيمة مناظرة لحضور المورد داخل حدود الأنموذج التجريدي المعتمد لوصف حالة معرفية محددة.

بصورة عامة، يمكننا أن نختار مجموعة من الموارد، ونربط بها الخصائص التي تميزها من غيرها، بيد أن إطار «وصف الموارد» لا يمنحنا الفرصة لتحديد طبيعة هذه الموارد وفئات الخصائص الملتصقة بها. ويترك هذه المهمة لمخطط الإطار الذي يرتكز على توظيف لغة «البرمجة الكيانية» (Object-Oriented Programming) حيث يمكن لنا أن نربط بين المتغيرات ووظائفها في المرتبة ذاتها للكائن المعلوماتي.

---

(٢٤) لغة توصيف النص . الموسّعة هي من لغات التوصيف التي تستخدم مجموعة من القواعد، لتشفير الوثائق، بصيغة يمكن قراءتها من قبل المستخدم، وآلات المعالجة المعلوماتية.

(٢٥) Thomas Krichel, «The Semantic Web and an Introduction to RDF,» Openlib (2002), <http://openlib.org/home/krichel/papers/anhalter.letter.pdf>.

ولتوضيح هذه المسألة نقول إن فئة «العبادة» تنضوي تحتها جميع أشكال الأفعال التعبدية التي تنتمي إلى الشريعة الإسلامية، وإن كل عبادة من هذه العبادات هي كيان ينتمي إلى هذه الفئة. كما إن خصائص العبادة قد تشمل اسم العبادة، ونوعها، ومشروعيتها، وفرضيتها أو سنّيتها، وتوقيتاتها، وهل هي فرض عين أم فرض كفاية... إلخ. من الخصائص. وتكمن الميزة الأساسية للبرمجة الكيانية في إمكانية إعادة استخدام الشيفرة البرمجية في حقول أخرى. أي متى أردنا أن ننشئ كياناً جديداً ونطلق عليه اسم «عبادة» سيقوم البرنامج بإدراج الخصائص كافة، والوظائف المرتبطة به ضمن نسيجه البرمجي، مع إتاحة فرصة إضافة أي خصائص جديدة تتناسب مع حضوره الجديد (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٧))؛ حيث حاولنا أن نعالج من خلاله بسرعة خصائص صلاة الضحى وفق هذا الأنموذج الأنطولوجي.

الجدول الرقم (٧ ـ ٧)

أنموذج مبسط لبناء دلالي منطقي عن بعض خصائص صلاة الضحى

Resource	Property	Value
Al-Salat	Is a	Ibada
Salat Al-Dhuha	Is a	Salat
Salat Al-Dhuha	Located In	Salawat Masnoona
Salat Al-Duha	Time On	Al-Duha
(Subject)	(Predicate)	(Object)
التكملة/ مفعول به	**خبر/ فعل**	**مبتدأ/ فاعل**
عبادة	هي	الصلاة
صلاة	هي	صلاة الضحى
الصلوات المسنونة	تقع في	صلاة الضحى
الضحى	توقيتها في	صلاة الضحى

المسند إليه	المسند
مبتدأ	خبر
فاعل	فعل

ب ـ لغة أنطولوجيا الويب

لغة أنطولوجيا الويب هي إحدى اللغات التي تستخدم لمعالجة محتوى مواقع الويب. وقد خصصت هذه اللغة للتعامل مع الحواسيب، وهي بعيدة من القراءة المباشرة للمستخدم البشري. وتدوّن عبارات لغة أنطولوجيا الويب بواسطة مفردات ونحو «لغة التوصيف الموسّعة».

ابتكرت لغة «OWL» لتوفير بيئة وصفية دقيقة لدائرة لغات أنطولوجيا الويب، مع قدرات استدلالية متميزة مشابهة لقواعد استدلال المنطق الوصفي. وتتألف هذه اللغة الرئيسة من ثلاث لغات فرعية (هي: OWL Lite، OWL DL، OWL Full) تشترك معها بخصائص أساسية، وتتميز كل منها بخصائص مميزة، لتلبية حاجات متخصصة في معالجة محتوى الويب.

تتميز هذه اللغة بكونها أكثر تماسكاً وتمتلك حصيلة لغوية دقيقة، مع قواعد نحوية محكمة لبناء جملها وعباراتها اللغوية عند مقارنتها بإطار وصف الموارد. ويسهم الحضور الفاعل للغة التوصيف الموسّعة في لغة «OWL» بتوفير بيئة مشتركة لتبادل البيانات والمعلومات بين مختلف نظم المعلومات، وتطبيقاتها البرمجية، دون وجود عوائق تقنية.

وتظهر الفوارق الأساسية بين اللغات الثانوية الثلاث في الجدول الرقم (٧ ـ ٨). وتؤدي الفروق النوعية دوراً أساسياً في تحديد مجال تطبيقاتها الأنطولوجية في معالجة محتوى مواقع الويب.

الجدول الرقم (٧ ـ ٨)

مقارنة بين اللغات الثانوية للغة أنطولوجيا الويب (OWL)

اللغة الثانوية	الخصائص
OWL Lite	ـ تعد من أبسط اللغات الثانوية للغة أنطولوجيا الويب. ـ تستخدم لوصف التصانيف الموضوعية المبسطة، والقيود التي لا تتسم بتعقيد ملحوظ.

يتبع

تابع

OWL DL	ـ تشابه البنية المنطقية لهذه اللغة آلة المنطق الوصفي إلى حد كبير. ـ تستخدم هذه اللغة عند الحاجة لحضور منطق وصفي بصورة مكثفة في المعالجات المعلوماتية. ـ تتميز بقدرة وصفية متميزة على صعيد صناعة القرارات مع احتفاظها بقدرات محوسبة جيدة.
OWL FULL	ـ تستخدم فيها جميع أنواع المفردات التي تمتلكها لغة أنطولوجيا الويب الرئيسة. ـ تتميز بمرونتها العالية بسبب غياب أي نوع من القيود على جميع أشكال التعبير. ـ لا تضمن أي خصائص محوسبة في عمليات المعالجة.

وتسود بيئة لغة أنطولوجيا الويب، بلغاتها الثانوية الثلاث سمة تكامل الاستخدام وتوافق التطبيقات التي تعد في طبقة لغوية من طبقاتها الثلاث. فكل أنطولوجيا أعدت في بيئة «OWL Lite» يمكن أن تستخدم في بيئة «OWL DL»، وكل أنطولوجيا أعدّت في الأخيرة يمكن استخدامها في بيئة «OWL Full».

ويصح الأمر بالنسبة إلى الاستنتاجات التي تنشب عن توظيف هذه الأنطولوجيات، والتي يمكن أن تستخدم في بيئة الطبقة اللغوية التي تليها.

ج ـ لغات أنطولوجيا ويب أخرى

إضافة إلى لغة إطار وصف الموارد، ولغة أنطولوجيا الويب بشعبها الثانوية الثلاث، تتوافر مجموعة متنوعة من لغات الويب التي تسعى إلى توفير بيئة جيدة للتمثيل المعرفي، وإنشاء قواعد متينة للتعامل مع محتوى الويب.

ويمكن إجمال أهم هذه اللغات، وأكثرها شيوعاً في ما يأتي:

ـ لغة «XOL»: وهي لغة ترتكز على «لغة التوصيف الموسعة». وقد اقترحت لتبادل النماذج المعرفية في حقول «المعلوماتية الحيوية» (Bio-informatics).

ـ لغة «SHOE»: وهي لغة مبسطة ترتكز على لغة توصيف النص الفائق «HTML» ابتكرت لتوسيع استخدام اللغة الأخيرة، بقصد تحديد ملامح المعرفة الدلالية عبر بيئة رقمية يمكن قراءتها بواسطة الآلات المحوسبة.

ـ لغة «OML»: وهي لغة توصيف أنطولوجي ابتكرت في بداياتها كمرحلة لاحقة للغة «SHOE». وتتألف هذه اللغة من طبقات متعددة، تمنحها قدرة وصفية متميزة.

ـ لغة «OIL»: وهي لغة تعتمد على طبقة استنتاجية تستثمر المحتوى الدلالي، في ظل حضور مكثف لأدوات استدلال صارمة، تستخدم لتشكيل أنطولوجيات مختلفة لمعالجة محتوى مواقع الويب.

٥ ـ مراتب العلاقات وفئاتها

لما كانت الأنطولوجيا عبارة عن وصف لكيانات تنضوي تحت فئات محددة، وتربطها علاقات مختلفة تحدد معاني حضور هذه الكيانات ضمن البناء الأنطولوجي، فإن من الضروري معرفة كيفية ارتباط الكائن الأنطولوجي مع بقية الكيانات التي تشاركه الحضور في النسق المفاهيمي الذي يجمعهم على المستويين التقني والمعرفي.

بصورة عامة، تطرح الكثير من التساؤلات حول النهج الأمثل لتحديد هوية هذه العلاقات، ونمط الارتباط الذي تقيمه مع بقية الكيانات، وهل أن العلاقة صريحة، أم ضمنية؟ وهل أن العلاقة قطعية أم ترتكز على مؤشرات ظنية (علاقات وقياسات إحصائية، أو احتمالية)؟

أ ـ فئات العلاقات على أساس المحتوى المعرفي

بصورة عامة تستخدم البيانات الواصفة للبيانات في توفير وصف دقيق للبيانات، أو الوثائق، أو المحتوى الرقمي مهما كان نوعها. ويمكن تقسيم أنواع العلاقات التي تربط بين الكيانات الأنطولوجية، بحسب المحتوى المعرفي إلى فئتين أساسيتين، هما: علاقات تعتمد على مضمون المحتوى، وأخرى مستقلة عن المضمون (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ٩)).

الجدول الرقم (٧ ـ ٩)

فئات العلاقات على أساس المحتوى المعرفي

الفئة	الوصف
علاقة تعتمد على المحتوى	تسهم هذه العلاقة في تحديد العلاقة بين كيانين في ضوء المحتوى الرقمي الذي يرتبط بالعالم الواقعي، أو بأوصافهما الذاتية. وتقسم هذه العلاقات إلى: ١ ـ علاقات ترتبط بصورة مباشرة بالمحتوى. ٢ ـ علاقات تصف المحتوى. ٣ ـ علاقات دلالية مباشرة. ٤ ـ علاقات متعدية تتسم بالتعقيد. ٥ ـ علاقات تتسم بتقارب دلالي.
علاقة مستقلة عن المحتوى	تتميز هذه العلاقات باستقلاليتها عن مضامين المحتوى الرقمي، وتنشأ من النهج المؤسسي في ربطها ببقية الكيانات، و/أو النسق المفاهيمي الذي اعتمد في إنشائها.

ب ـ نهج تمثيل العلاقات

يستند نهج تمثيل العلاقات القائمة بين المفاهيم والمبادئ إلى هيكلة رياضية/منطقية تصف الحالات المشتركة بين هذه المفاهيم والمبادئ.

وتستند عملية الوصف إلى ما يأتي[(٢٦)]:

ـ عدد الأوصاف والمعاملات الوظيفية التي يمكن أن تحويها العلاقة القائمة بين كيانين والتي يعبر عنها بـ «علاقة ثنائية» (Binary)[(٢٧)].

ـ علاقات مباشرة تربط بين الكيانين/الكيانات بعلاقات ذات «نمط أحادي» (One-To-One)، أو «أحادي متعدد» (One-To-Many)، أو «متعدد متعدد» (Many-To-Many).

(٢٦) Amit Sheth, Budak Arpina and Vipul Kashyap, «Relationshipsat the Heart of Semantic Web: Modeling, Discovering, and Exploiting Complex Semantic Relationships,» Technical Report, LSDIS Lab, Computer Science, University of Georgia, Athens GA 30622 (2002).

(٢٧) يستخدم اصطلاح Arity في ميادين المنطق والرياضيات، وعلوم الحاسوب لوصف هذه السمة.

ـ وصف العلاقات المباشرة التي تربط بين الكيانات، أو العلاقات المتعدية عبر سلسلة متنوعة من هذه العلاقات.

ـ الوصف الدقيق أو الظني للعلاقات التي تربط بين الكيانات، أو الحالات التي تسودها، بقيم صارمة، أو أخرى احتمالية، وفي ضوء طبيعة الهيكلة الأنطولوجية المعتمدة.

ـ اعتماد الخصائص الذاتية أو العارضة للكيانات بوصفها مؤشراً على العلاقة التي تربط بين الكيانات. فقد تحضر قيمة محددة (مثل: الكمية، أو الوصف النوعي، أو التاريخ) لكيان ما كي تنشأ علاقة وثيقة بالكيان المناظر، فتعتمد آنذاك بوصفها علاقة تربط في ما بينها.

رابعاً: المورد المعرفي للأنطولوجيا المحوسبة

لا يمكن التعامل مع الموارد المعرفية التي تتوافر بين أيدينا من دون حضور أنموذج رياضي/ منطقي لتمثيل عناصر هذه الموارد. ويشكل هذا الأنموذج بيئة داعمة لمعالجة عناصر الموارد داخل حدود البيئة الرقمية المحوسبة التي تقيم فيها الأنطولوجيا.

تعد عملية التمثيل المعرفي شعبة مهمة من شعب المعالجات الرمزية للذكاء الاصطناعي[٢٨]. وتحتوي النظم التي تستند إلى المعرفة على أنموذج محوسب يسعى إلى محاكاة بيئة نطاق معرفي محدد من العالم الواقعي بواسطة مجموعة متنوعة من الرموز والصيغ الرياضية والمنطقية المعقدة.

١ ـ مبادئ عامة لعمليات التمثيل المعرفي

ولجت الأنطولوجيا إلى البيئة المحوسبة من خلال بوابة فلسفة العلوم التي بسطت هيمنتها على ساحة العلوم الفلسفية بعد انحسار الدور الذي كانت تمارسه الفلسفة الميتافيزيقية حتى نهاية القرن التاسع عشر[٢٩].

(٢٨) Randall Davis, Howard Shrobe and Peter Szolovits, «What it is a Knowledge Representation?,» *Journal of American Association of Artificial Intelligence* (Spring 1993).

(٢٩) Raj Sharman and Ram Ramesh, *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems* (New York: Springer, 2007).

لم تكن عملية الدخول وليدة قفزة واحدة، فقد مرّت خلال سلسلة من التحولات لتتوافق في هيكلتها الجديدة مع متطلبات العاملين في مجال الذكاء المحوسب وهندسة البرمجيات التي بدأت تتوجه نحو التعامل مع تمثيل المحتوى المعرفي ضمن البيئة الرقمية المحوسبة.

ولا شك في أن الدور الذي يعوّل عليه للتمثيل المعرفي في بيئة الذكاء المحوسب بدأ يمرّ بمراحل تطور متلاحقة لبروز الحاجة إلى مجموعة متنوعة من التطبيقات التي تتطلب وجود بيئة محوسبة داعمة لصناعة قرار ذكي داخل حدود البيئات البرمجية. وقد أسهمت «نظرية المعرفة» (Epistemology) في توفير المناخ المناسب للتأصيل المفاهيمي وتوفير أرضية صلبة، يمكن لعملية التمثيل المعرفي أن تستمد من صلابتها وتماسكها الأسس المتينة لتمثيل معرفي سليم للواقعة، التي نروم أن نزج الذكاء المحوسب لصناعة القرارات في بيئتها الرقمية.

أسهم «النسق المفاهيمي للبرمجة الكيانية» (Object-oriented Paradigm) بإحداث طفرة مفاهيمية في أساليب التمثيل التي نمارسها في وصف الكيانات المعرفية ذات الصلة بالمسائل المطروحة على بساط المعالجة.

وينهض التمثيل المعرفي بمهمة تشمل مساحة واسعة من حقول المعرفة، والأنطولوجيات، والحقائق، والقواعد الرياضية/ المنطقية الحاكمة، والمحددات. وتمارس عملية التمثيل المعرفي بصورة مستقلة، وبعيداً من المنطق البرمجي أو الرياضي الذي تستوطن عناصرها في بيئته الرقمية. ويمنح هذا النهج للمعرفة حدوداً اصطلاحية ومعاني تجعلها صالحة للاستخدام في أكثر من تطبيق، أو بيئة برمجية. ويعبّر عن المحتوى المعرفي بواسطة مستويات متعددة من عمليات التمثيل المعرفي التالية (انظر الجدول الرقم (٧ ـ ١٠)).

- مرتبة منطقية تحوي على مجموعة من المبادئ الأساسية تضم بين ثناياها حزمة من الدوالّ والمحمولات التي تدعم عملية تفسير المبادئ المنطقية.

- مرتبة لنظرية المعرفة تتألف من هيكلة معرفية لردم الفجوة المقيمة بين المراتب المنطقية التي تعبّر عن حزمة من التجريدات الأولية، ونسق مفاهيمي يعبر عن خصائص أنموذج محدد يلملم المعاني والمفاهيم في بيئة رياضية/ منطقية متماسكة.

• مرتبة أنطولوجية تضم مجموعة من العلاقات الأنطولوجية مع مبادئ لغوية صريحة ومحددة.

• مرتبة مفاهيمية تحتوي على مجموعة من المبادئ الأولية لتفسير معرفي محدد يناظر المعاني المودعة في النسق المفاهيمي، وبمعزل عن المعجم اللغوي التقليدي.

• مرتبة لغوية تحتوي على حزمة متنوعة من المفردات اللغوية الأولية (أسماء، وأفعال) تستمد حضورها من المعاجم وقواميس اللغة المنطوقة.

الجدول الرقم (٧ ـ ١٠)

أشكال التمثيل المعرفي

المرتبة	فئة المرتبة	المبادئ	التعابير	الخصائص الأساسية
١	منطقية	دوالّ، ومحمولات	اعتباطية	سلسلة إجراءات
٢	نظرية المعرفة	علاقات مهيكلة	اعتباطية	هيكلة وأنساق
٣	أنطولوجية	علاقات أنطولوجية	محددات	معانٍ ودلالات
٤	مفاهيمية	علاقات مفاهيمية	موضوعية	تصورات
٥	لغوية	اصطلاحات لغوية	موضوعية	تعتمد على اللغة

المصدر: Nicola Guarino and Pierdaniele Giaretta, «Ontologiesand Knowledge Bases: Towardsa Terminological Clarification,» IOS Press (Amsterdam) (1995).

بصورة عامة، يمكن أن نوجز وصف عملية التمثيل المعرفي والدور الذي تمارسه في البيئات المحوسبة الذكية، بخمسة محاور جوهرية[٣٠]:

ـ توفير بديل من الهيكلة المفاهيمية لوصف الأنساق المعرفية بمختلف أشكالها، ومنحنا فرصة تحديد طبيعة العواقب بواسطة الاستدلال المنطقي الصرف.

ـ توفير إجابات دقيقة عن التداعيات المحتملة إزاء التغييرات التي قد تسري في كيان أو نسق معرفي، وبيان خارطة طريق هذه التغييرات.

(٣٠) Ashish Karmacharya, Christophe Cruz and Frank Boochs, «Spatialization of the Semantic Web,» University de Bourgogne (Paris) (2012).

ـ حضور قاعدة نظرية متينة تجمع تحت مظلتها، الذكاء المحوسب، وآليات استدلال متنوعة، بمنطق يتألف من ثلاثة عناصر أساسية:

- التمثيل المعرفي من خلال توظيف المفاهيم الأساسية للاستدلال الذكي.
- حزمة من الاستدلالات المنطقية لترسيخ مادة التمثيل المعرفي.
- مجموعة منتخبة من الاستدلالات المنطقية التي تتوافق مع بنية نظام التمثيل المعرفي.

ـ توفير مناخ داعم للحوسبة الذكية يمكن أن تمارس خلاله سلسلة من أنشطة التفكير والاستدلال العقلي.

ـ توفير وسط يستطيع الكائن البشري أن يعبر من خلاله، وبلغة الخطاب اليومي، عمّا يدور بخلده من مفاهيم، وهيكلتها ضمن أنساق معرفية جزئية، أو كلية تصف الواقع، في محاولة لتحليل مكوناته وإعادة تشكيلها وفق أنساق مفاهيمية مستحدثة.

بصورة عامة، توظف الشبكات الدلالية هذه الأدوار في عملية التمثيل المعرفي. ويسهم كل من الدور الأول والأخير في توفير أرضية نظرية لفهم أكثر عمقاً بالمسائل ذات الصلة بالنهج المعرفي، وكيفية إدارة موارده في هذه البيئة. أما بقية الأدوار فتمارس دورها التقني/التطبيقي بترجمة النسق المنطقي إلى مجموعة إجراءات تلتزم بالنسق الأنطولوجي والقواعد التي تسري في كيانه.

٢ ـ نماذج التمثيل المعرفي

توظّف معالجات التمثيل والاستدلال المعرفي لتصميم بيئة محوسبة قادرة على ممارسة سلسلة من عمليات المعالجة لمعطيات العالم الواقعي وصوغها في أنموذج محوسب، في نظم برمجية ترتكز على المورد المعرفي، حيث تمارس الرموز الرقمية دوراً بديلاً من الكيانات التي تقيم في نطاق العالم الواقعي، فتستحيل الأشياء المادية، والأحداث، وشبكة العلاقات التي يتألف منها نسيج الواقع إلى مجموعة من القواعد المنطقية، التي تعالج الرموز وتصدر أحكاماً وتصنع قرارات ذكية حول مسائل محددة ذات صلة بالواقع الذي تتناوله[٣١].

---

(٣١) Stephan Grimm, «Knowledge Representation and Ontologies,» in: Mohamed Gaber, ed., *Scientific Data Miningand Knowledge Discovery: Principles and Foundations* (Berlin: Springer-Verlag, 2010).

بصورة عامة، تتوافر مجموعة متنوعة من النماذج التي تستخدم في توصيف المتغير المعرفي وتنسيق شبكة العلاقات بين أنموذج الحوسبة الذكية وقواعد المعرفة التي تستخدم لممارسة عمليات الاستدلال المنطقي حول نطاق معرفي محدد. وتتدرج هذه النماذج بين الشبكات الدلالية، وقواعد الاستدلال، والمنطق المحوسب، حيث تعتمد الشبكات الدلالية في تسيير دفة آلتها للتوصيف المعرفي الرسوم البيانية لتصوير النسيج المفاهيمي، بينما تعتمد القواعد على سلسلة من المقاربات الشرطية لصناعة بيئة الاستدلال، أما المنطق المحوسب فيوظف الدلالات الصورية للتعامل مع الشبكات الدلالية والقواعد المنطقية لتسيير دفة مقايساته المنطقية الصارمة.

أ ـ الأنموذج الأول: الشبكات الدلالية

يمكن أن نعد الشبكات الدلالية نمطاً من أنماط التمثيل المنطقي للمقولات من خلال مجموعة من «الرسوم التخطيطية الوجودية» (Existential Graphs) التي تستوطن على رقعتها مجموعة من العقد المترابطة بواسطة شبكة تصف طبيعة العلاقات التي تربط بعضها ببعض. وتستخدم العقد في هيكلة الشبكات الدلالية لوصف الأصناف المناظرة للأشياء، مثل المكلف، أو الكينونات الفردية، مثل عمر، والتي يشار إليها بوصفها مثالاً لمفاهيم أو كيانات فردية على التوالي. وترمز الأسهم التي تربط بين العقد إلى وجود علاقة بين المفاهيم والأفراد، ويطلق عليها اصطلاح العلاقات.

وتعد الشبكات الدلالية من الوسائل التي تمنحنا القدرة على وصف الهيكلة التصنيفية لتراتبية الأصناف التي تحفل بها بيئة الأنطولوجيا المحوسبة، وتستخدم في الوقت ذاته لبيان يتصف بالعمومية والشمول حول النطاق الذي يتوجه صوبه اهتمامنا.

تمثل الشبكات الدلالية البنية التحتية القياسية للمعلومات، التي تستوطن نسيج شبكة المعلومات، ومجموعة المفاهيم والمبادئ المستبطنة في صفحات الويب، وقواعد البيانات، والوثائق المنتشرة في النسيج الماموثي لفضاء المعلومات العولمي.

وتمارس عمليات إنشاء الشبكات الدلالية، لهذا الغرض، في كل عقدة معلوماتية تستوطن النسيج الاتصالي لمواقع شبكة الإنترنت، عندما نشرع بوسم المحتوى الرقمي مادة للبيانات «الواصفة للبيانات» (Metadata)، التي ترتبط بمعلومات أخرى مورست عملية وسمها بأدوات معالجة الشبكات الدلالية، لصناعة مادة صفحات الويب بمختلف أنماط محتواها الرقمي والمعرفي. وتسهم التشعبات غير المتناهية لارتباطات البيانات بين صفحات الويب في تشكيل معالم الفضاء المعلوماتي الكوكبي الذي يستوطن

بيئة الإنترنت الرقمية الافتراضية، ويوفر مناخاً مناسباً لجذب المزيد من التطبيقات المحوسبة، التي تسهم في جذب ولملمة المعلومات المنتشرة في هذه المواقع، وعرضها في نسق معرفي محوسب بطريقة توفر للمستخدمين فرصة سبر المحتوى وفهم خطابه بواسطة الآليات المتوافرة ضمن نطاق شبكة المعلومات.

ب ـ الأنموذج الثاني: قواعد الاستدلال المنطقي

تعد قواعد الاستدلال المنطقي من الوسائل المهمة للتمثيل المعرفي لنطاق محدد، والتي ترتكز على مبدأ ربط مسارات الاستدلال بمجموعة متسلسلة من القواعد المنطقية التي تستهدف استنباط المعرفة. يتألف هذا النهج من مجموعة قواعد أنشئت بصيغة «If - Then» تطرح صيغة استفهام منطقية أو رياضية يتبعها نتيجة محددة لتوجيه الاستدلال المعرفي إلى قرار أو صيغة محوسبة تمنحنا نتيجة يمكن اعتمادها للولوج في قاعدة/ أو سلسلة قواعد لاستنباط المعرفة من مواردها، أو اعتماد مسار جديد ينشأ عن عدم انطباق الحالة بعبارة «Else» لتمنحنا مجموعة من الخيارات المنطقية والمحوسبة الجديدة لاستنباط المعرفة من مورد جديد بعد عدم انطباق الشرط المنطقي على المقايسة الأولية.

ويمكن أن نطرح مثالاً على مجموعة القواعد المنطقية التي ترتكز على هذا النهج المنطقي للاستدلال المعرفي، والتي تسعى إلى بيان هوية رواة الحديث النبوي، وكما يأتي:

إذا(٣٢) روى شخص ما حديثاً أو أثراً،

عندئذ (THEN) هو من رواة الحديث.

إذا روى الرجل «أ» أحاديث من مسند أو مشيخة؛

وكان قد نال إجازة بالرواية،

عندئذ يكون الرجل «أ» شيخاً.

إذا روى الرجل «ب» حديثاً عن الرجل «أ»

عندئذ يكون الرجل «ب» تلميذاً للرجل «أ».

(٣٢) نقصد بهذه العبارة عبارة «IF» المستخدمة في قواعد الاستدلال المنطقي المحوسب.

وتركز قواعد الاستدلال المنطقي على مبدأ التدرّج في سبر المعرفة وترسيخ الحقائق من خلال تتبع العبارات الشرطية ولوازمها. إذ إن المثال أعلاه، بدأ بالقاعدة الأولى التي ميّزت بين الراوي وغيره، وجعلت رواية الحديث والأثر فيصلاً لتمييز الراوي من الشخص الاعتيادي. وجاءت القاعدة الثانية لتحديد هوية الشيخ الذي ينقل الروايات إلى حلقة التلاميذ، وحددت شروطاً أولية لهذا الشخص. أما القاعدة الثالثة فقد بيّنت طبيعة العلاقة التي تربط بين الشيخ ومن يتلقى الحديث عنه، وأطلقت عليه اسم التلميذ(٣٣).

وتسهم هذه القواعد في تنشيط مجموعة تليها من القواعد، وتستثمر المادة المعرفية التي وفرتها ما سبقها من القواعد المنطقية لتثوير المزيد من الحقائق المستوطنة في ذات الاصطلاحات، أو نتيجة نسج العلاقات الذي يربط في ما بينها بمراتبية محددة يمكن أن تشكل مادة الأنطولوجيا التي نروم إنشاءها لوصف شريحة محددة من علوم الحديث روايةً أو درايةً.

إن التمثيل المعرفي بواسطة قواعد الاستدلال المنطقي تصلح للاستخدام في عمليات الاستدلال في دائرة بيانات متماسكة، أي حقائق وشواهد منطقية تتسم بالبساطة وتخلو من التعقيد. بيد أن هذا الأمر لا يلغي إمكانية توظيف معادلات رياضية لصناعة الشطر الثاني من القرار المنطقي. كذلك يمكن إنشاء مجموعة من القواعد المنطقية تحوي حقائق وعلاقات توفر لنا الفرصة لاستنباط حقائق ضمنية، من أخرى صريحة، وباستخدام لغويات برمجية متنوعة.

ج ـ الأنموذج الثالث: المنطق المحوسب

يمكن أن نؤلف بين الشبكات الدلالية وقواعد الاستدلال المنطقي من خلال بيئة منطقية صارمة تستثمر القدرات المتاحة لكل من هذين النهجين لإنتاج مجال معرفي يتسم بمسار دلالي محكم. ويمكن أن ينشب عن غياب المنطق المحوسب السليم عدم إمكانية بلوغ مستوى مقبول من الدقة الموضوعية التي ستجعل من نتائج المقايسات المنطقية ضبابية، وملتبسة.

---

(٣٣) حاولنا تبسيط قواعد الاستدلال المنطقي إلى أبسط صيغة ممكنة قد لا تتناسب مع صيغة القواعد التي تتطلّب عبارتها معالجة منطقية أكثر تفصيلاً في المضامين ودقّة بالعبارة.

بصورة عامة، فإن أكثر الصيغ المنطقية المستخدمة في التمثيل المعرفي هي محمولات التفاضل والتكامل بالدرجة الأولى، أو منطق الدرجة الأولى. ويوفر هذا المنطق بيئة خصبة لتوصيف النطاق الذي يستأثر باهتمامنا.

٣ ـ نهج معرفي مبسط لإنشاء أنطولوجيا فقهية محوسبة

سنسعى في هذه الفقرة إلى إنشاء هيكلة معلوماتية لأنطولوجيا تعنى بمعالجة مسألة محددة من المسائل. بدايةً، ينبغي أن نحدد الحقل الذي ستعالجه مادة الأنطولوجيا، ومساحة المجال الذي ستمتد على رقعته مجموعة المبادئ التي ستترابط في ما بينها بشبكة من العلاقات المعرفية. ولضمان بلوغ الغاية التي نريدها، ينبغي أن تتوافر لدينا إجابات دقيقة لمجموعة من المسائل، أهمها:

ـ ما هو الحقل المعرفي الذي ستسهم الأنطولوجيا في وصفه؟

ـ ما هو المضمار الذي ستوظف فيه مادة الأنطولوجيا؟

ـ ما هي طبيعة الأسئلة التي يمكن للأنطولوجيا أن توفر إجابات عنها؟

ـ من الذي سيستخدم هذه الأنطولوجيا؟ ومن الذي سيقوم بعملية إدامتها وتطوير محتواها المعرفي؟

لا يمكن أن تعدّ الإجابات التي سنوفرها لهذه المسائل نهائية، لوجود أكثر من احتمال لمراجعتها أثناء عملية تصميم هيكلة الأنطولوجيا، لكنها تعد ضرورية لتحديد المجال الذي سيشمله الأنموذج المعرفي للأنطولوجيا.

وإذ حاولنا هيكلة أنطولوجيا الصلاة، فبوصفها أحد أركان العبادة في شريعتنا المباركة، حيث سيشكل النطاق المعرفي للصلوات المفروضة والنوافل المجال الذي سيحدد النطاق الذي ستشمله الأنطولوجيا. وسنسعى إلى أن تستخدم هذه الأنطولوجيا لاقتراح الخيار الأمثل الذي يمكن من خلاله أن يتكامل أداؤنا لفرائض الصلاة ونوافلها. وبطبيعة الحال، فإن المبادئ التي تصف الصلوات المفروضة، وصلوات النوافل، والعلاقات التي تجمع في ما بينها تعد مورداً يمكن الاستئناس به للموازنة بين مراتب هذه الصلوات.

وإذا كنا سنستخدم الأنطولوجيا التي سننشئها في توفير إجابات شافية من خلال المعالجات التي تمارس في حقل معالجة اللغة الطبيعية لسبر محتويات المنتديات

الفقهية، والمجلات الإلكترونية، فسيكون من الضروري حضور مجموعة كبيرة من الاصطلاحات الفقهية والأصولية ضمن المبادئ التي سيرتكز إليها الهيكل المقترح للأنطولوجيا. وإذا كانت الأنطولوجيا ستستخدم لتوفير إجابات واضحة للمسلم غير المتمرس بالفقه الإسلامي، فسيكون لزاماً علينا أن ندرج في هيكلتها مستوى محدداً من المادة المعرفية التي تلبي حاجات هذه الشريحة الواسعة. أما إذا أردنا أن نخصص الأنطولوجيا لشريحة محددة من المتخصصين في ميدان الفقه الإسلامي فسيكون لزاماً علينا منح الهيكل مزيداً من التفاصيل لكي تكون قادرة على توفير الاجابات التي يروم أهل هذه الشريحة العثور عليها.

ونود الاشارة إلى مسألة مهمة في هذا المضمار، ترتبط بمفردات الخطاب المعرفي الذي سيستخدم في صوغ المبادئ ذات الصلة بمجال الأنطولوجيا. فإذا كان الذي سيقوم بإعدادها فقيهاً، بينما سيكون المستخدم بعيداً من الفقه وأصوله، فسيكون ثمة فجوة معرفية تفصل بين الخطاب المعرفي لدى الطرفين، الأمر الذي سيؤكد حاجتنا إلى توفير مسار يرسخ الصلة بين مستويات الخطاب المعرفي من خلال مد جسور لتوطيد الفهم الذي نروم توفيره من خلال مادة الأنطولوجيا المقترحة.

أ ـ القاعدة المعرفية الداعمة للأنطولوجيا

لتحديد مجال الأنطولوجيا التي نحاول إنشاء هيكلتها المعرفية، ينبغي أن نهيئ قائمة من الأسئلة، التي نريد لقاعدة المعرفة المرتكزة على تلك الأنطولوجيا أن تكون قادرة على توفير إجابات دقيقة عنها. ويطلق على هذه الأسئلة اصطلاح «أسئلة الكفاية المعرفية» (Knowledge-Competency Questions).

وستسهم هذه الأسئلة في توفير قاعدة رصينة لتحديد مستوى كفاية الأنطولوجيا المعلوماتية من خلال الاختبار الذي سيمارس على أدائها للإجابة عن جملة من التساؤلات، مثل:

ـ هل تضم الأنطولوجيا المستحدثة معلومات كافية للإجابة عن هذا النوع من الاسئلة؟

ـ هل تتطلب هذه الأسئلة مستوى محدداً من التفاصيل، أو وصفاً محدداً لمجال من المجالات المعرفية؟

هذه الأسئلة، وغيرها كثير تفرضها طبيعة الأنطولوجيا التي نريد هيكلة محتواها المعرفي، ستفرض نفسها، إزاء كل حالة من الحالات، بيد أن من الضروري عدم الدخول في تفاصيل دقيقة عند طرحها والالتزام بإطارها العام الذي يهدف إلى تحديد مساراتها.

وفي حالة الصلوات المفروضة، وصلوات النوافل، ستبرز أمامنا مجموعة محتملة من أسئلة الكفاية المعرفية، مثل:

- هل تفسد الصلاة بترك ركن من أركانها، أو فريضة من فرائضها؟
- لماذا نختار صلاة دون غيرها من صلوات النافلة؟
- هل صلاة الضحى صلاة راتبة، أم نافلة؟
- ما هو أفضل وقت لصلاة الضحى؟
- هل صلاة الجمعة من فروض الأعيان؟
- متى يدخل وقت صلاة العصر؟ وما هو وقت الكراهة؟
- ما هي الصفات المكروهة في إمام الجماعة؟

ويمكن القول إن قائمة الأسئلة أعلاه تؤشر بوضوح إلى أن الأنطولوجيا المقترحة، ستضم معلومات خصبة عن الصلوات المفروضة والنوافل، على صعيد شروطها، ومستحباتها، ومكروهاتها، ومفسداتها، والمفاضلة بين أوقات أدائها، وغيرها من التفاصيل ذات الصلة بفقه الصلاة، والتي ستوفر للمسلم المعاصر مناخاً مناسباً لتصحيح المفاهيم، وإزالة الغبش عن مسائل تعترض سبيله أثناء أدائه للصلوات بين الحين والآخر.

ب ـ إمكانية إعادة استخدام أنطولوجيا موجودة

إن استثمار تجارب الغير في صوغ أنطولوجيا لمواضيع مقاربة، يمنحنا فرصة تطوير الهيكلة المعلوماتية لتجارب سابقة، مع صقل مواردها، وتوسيع مجالها المعرفي. وتصبح عملية إعادة استخدام أنطولوجيا قائمة ضرورة لا بد منها عندما تفتقر الأنطولوجيا إلى تفاعل مباشر مع تطبيقات برمجية مرتبطة بأنطولوجيات محددة أو معاجم محكمة.

بصورة عامة، توجد مجموعة كبيرة من الأنطولوجيات الرقمية في مكتبات متنوعة مطروحة على شبكة الويب، بعضها مجانية' وبعضها متوافر مقابل أثمان محددة.

ومما لا شك فيه أن توظيف تطبيقات الأنطولوجيا في البيئة الرقمية العربية لا تزال مغيّبة، كما أنها لم تظفر بفرصة للدخول إلى ساحة الفقه الإسلامي، الأمر الذي سيجعلنا بعيدين من نوال ثمار تجارب سبقنا إليها الغير.

ج ـ استقصاء الاصطلاحات الحاكمة للأنطولوجيا

من الضروري إعداد قائمة لجميع المصطلحات التي نريد بيانها ضمن هيكلة أنطولوجيا الصلوات التي نعكف على إعدادها لتكون مورداً يبيّن للمستخدم معانيها، ويرشده إلى كيفية التعامل معها. وستبرز أمامنا آنذاك جملة من التساؤلات التي ستحدد مضامين الأنطولوجيا المستحدثة، مثل: ما هي أهم الاصطلاحات التي نريد التحدث عنها؟ وما هي الخصائص التي تتسم بها هذه الاصطلاحات؟ وماذا نريد أن نتحدث بصدد هذه الاصطلاحات ضمن الهيكلة التي نعكف على إعدادها؟

فعلى سبيل المثال لا الحصر، ستتضمن الاصطلاحات المهمة ذات الصلة بالصلوات، الصلاة، الطهارة، الصلوات التي تعد فرضاً على الأعيان، والتي تعد فرضاً على الكفاية، والصلوات المسنونة، وصلوات الفضيلة، وصلوات التطوّع، والصلوات المنهي عنها. ونتناول أحكام الصلاة، من فرائض، وسنن، وفضائل، ومستحبات، ومكروهات، ومفسدات للصلاة.

سنحتاج في البداية إلى التنقير عن مجموعة مستفيضة من الاصطلاحات دون أن نقلق بصدد حصول تداخل بين المفاهيم التي تمثل كلاً منها، أو العلاقات القائمة بين هذه الاصطلاحات، أو أي خاصية يمكن أن تتصف بها هذه الخصائص، أو أن هذه المفاهيم يمكن أن نعدّها صنفاً أو فئة صغيرة.

بعدها سنشرع في المرحلتين القادمتين، حيث سنباشر بإنشاء تراتبية الأصناف التي ستتألف منها هيكلة أنطولوجيا الصلوات، مع بيان الخصائص التي تتسم بها المفاهيم السائدة فيها، والفئات الملحقة بها.

وسنقوم بصوغ مجموعة من التعريفات للمفاهيم المقيمة في تراتبية الأنطولوجيا، ثم سنستمر في وصف تفاصيل الخصائص التي تتميز بها هذه المفاهيم إلى حين اكتمال جميع التفاصيل التي نروم إدراجها في البيئة الأنطولوجية التي نعمل عليها.

د ـ تعريف الأبواب وتحديد تراتب معماريتها

تتوافر أمامنا مجموعة من الخيارات على صعيد إعداد تراتب المعمارية المعرفية للأبواب. ويمكن إجمال طرائق التبويب في **ثلاثة** محاور رئيسة:

المحور الأول، معمارية من أعلى إلى أسفل (TopDown)؛ تبدأ من خلالها عملية المعالجة عبر صوغ تعريفات دقيقة للمفاهيم المطروحة ضمن المجال مع تخصيص هذه المفاهيم وفق المراتب اللاحقة. فعلى سبيل المثال، يمكننا البدء بإنشاء أبواب المفاهيم الأساسية للصلوات المفروضة والمسنونة. بعدها نباشر بتخصيص صنف الصلوات المسنونة من خلال بيان أصنافها الثانوية التي ستشمل: صلاة الوتر، والعيدين، وكسوف الشمس والقمر، والاستسقاء، وركعتي الطواف، وركعتي الإحرام، وسجود التلاوة. ويمكن أن نستمر في عملية التبويب بحيث نباشر ببيان كل صنف من أصناف هذه الصلوات وتفاصيلها.

المحور الثاني، معمارية من أسفل إلى أعلى؛ نباشر من خلالها عملية صوغ التعريفات لأكثر الأبواب أهمية، ولفروع التراتبية المعرفية، مع إعداد تصنيف لاحق لهذه الأبواب بحيث تشمل مفاهيم أكثر شمولاً. فعلى سبيل المثال، يمكننا البدء بتعريف أبواب لكل من تحية المسجد، وقيام شهر رمضان، وقيام الليل. بعد ذلك نباشر في صوغ أبواب بمرتبة أعلى تضمها جميعاً نطلق عليها صلوات الفضيلة.

المحور الثالث، معمارية توحد بين المحورين الأول والثاني؛ يباشر خلالها عملية تعريف أكثر المفاهيم جلاء أولاً، ثم نباشر عملية الاستقراء وتخصيص هذه المفاهيم على نحو مناسب. ويمكن أن نبدأ ببعض المفاهيم العليا مثل مفهوم الصلاة، مع بعض المفاهيم الخاصة، مثل صلاة التسابيح. بعدها نقوم بربط المفاهيم العليا مع مفاهيم تقع في مرتبة وسيطة ضمن حزمة المفاهيم المطروحة على ساحة الأنطولوجيا، فتبرز أمامنا مفاهيم وسيطة مثل: صلوات الفضائل التي تنتمي إليها مجموعة من الصلوات.

ولا يمكن المفاضلة بين الأساليب التي تضمنتها المحاور الثلاثة، فلكل منها ميزاتها، التي تفرض استخدامها في حقل دون آخر، كما أن لها، في الوقت ذاته، محددات حاكمة تضطرنا إلى الإعراض عنها في مجال محدد، كي نوظف عملية أخرى قادرة على وصف المفاهيم بأسلوب أفضل.

هـ ـ تحديد خصائص الأصناف والفئات

بصورة عامة، لا يمكن للمفاهيم أن تتوافر بيانات كافية للإجابة عن جميع أسئلة الكفاية المعرفية التي نوقشت في الفقرة «**أ ـ** » من المبحث «**رابعاً**». وسوف تلجئنا الحاجة إلى استكمال عملية تحديد خصائص بعض الأصناف، إلى البدء بوصف الهيكلة الداخلية للمفاهيم المنبثّة في النسيج المعرفي للأنطولوجيا.

وبعد أن أكملنا عملية اختيار الأصناف من قائمة الاصطلاحات التي أكملنا العمل عليها لاستيعاب جل تفاصيل أنطولوجيا الصلاة التي بدأنا العمل عليها في الفقرة «**ج**» من المبحث «**رابعاً**»، فإن جل ما سيتبقى لدينا من اصطلاحات محتملة ستدور حول خصائص هذه الأصناف. وبذلك ستشمل هذه الاصطلاحات ـ على سبيل المثال لا الحصر ـ وصف الصلاة، سواء كانت فرضاً على الأعيان أم فرضاً على الكفاية، أم صلاة مسنونة، أم صلاة فضيلة، وفرائضها وسننها وفضائلها، وعدد ركعاتها، وأوقات التلبّس بها، ومستحباتها، ومكروهاتها، إلى غيرها من خصائص هذه الصلوات.

وينبغي أن نحدد لكل خاصية من هذه الخصائص، الصنف الذي تصفه، بحيث تتحول هذه الخصائص إلى «جزء ملحق» (Slot) بهذه الأصناف، يصف كل جزء من هذه الأجزاء الملحقة بالأصناف، فيتناول فرضية الصلاة، وسنّيتها، وعدد ركعاتها، وأوقات التلبّس بها، وغيرها من الخصائص النوعية.

ويمكننا إجمال أنواع الخصائص التي يتصف بها الكيان المعرفي المعلوماتي، والتي يمكن أن تتحول إلى أجزاء ملحقة بخصائص الأصناف التي تشكّل مادة الهيكلة الأنطولوجية المفترضة للصلاة، كما يلي :

- خصائص ذاتية (Intrinsic Properties) كحكم الصلاة فرض عين، أم فرض كفاية، سنة، أم نافلة.

- خصائص عرضية (Extrinsic Properties) كأوقاتها المقدرة، وأحكامها، وغيرها من الخصائص غير الجوهرية.

- وينبغي أن يرتبط الجزء الملحق بأكثر الأصناف شمولاً، التي تمتلك تلك الخاصية، كونها تشكّل قاسماً مشتركاً لجميع المراتب التي تستوطن ضمن هيكلة الأنطولوجيا.

و ـ تعريف جوانب الأجزاء الملحقة بالخصائص

يمكن للأجزاء الملحقة بالخصائص أن تمتلك جوانب متعددة يصف كل منها نوع القيمة، القيم الجائزة، عدد القيم، وخصائص القيم الأخرى التي يمكن أن يتمتع بها كل جزء من الأجزاء الملحقة. فعلى سبيل المثال، فإن قيمة ملحق الاسم سيضم «اسم الصلاة» في حقل تعريفي مستقل. أما بالنسبة إلى الجزء الملحق الذي يرتبط بحكم الصلاة فسيتمتع بمجموعة من القيم التي يصف كل منها حكم نوع الصلاة المناظر له. وتمثل كل قيمة «فريضة/ -سنة/ -فضيلة» شواهد على حكم كل فئة من فئات الصلاة. بمعنى آخر، أن حكم الصلاة هو عبارة عن جزء ملحق بخصائص الصلاة ويمتلك قيمة تعريفية تعد شاهداً على الصلاة. ولكي تتضح معالم هذا الأمر سنحاول أن نعرّج على جملة من الجوانب الشائعة في هذا المضمار:

أصل الجزء الملحق: يعرّف أصل الجزء الملحق (Slot Cardinality) ويحدّد عدد القيم التي يمكن للجزء الملحق أن يمتلكها ضمن معمارية الأنطولوجيا المعلوماتية. ويلاحظ أن بعض النظم المعلوماتية تكون قادرة على تمييز بين أصول فردية (تسمح لنا بتحديد قيمة واحدة فقط) وأصول متعددة (تسمح لنا بتحديد أي عدد من القيم المناظرة للخصائص). فوصف «الصلاة» يمكن أن يشكل جزءاً ملحقاً أحادي القيمة لهوية عبادة من العبادات. أما أحكام أصناف الصلوات فيمكن تمثيلها بجزء ملحق متعدد القيم ذي صلة مباشرة بصنف أطلقنا عليه اصطلاح الصلاة.

بالمقابل، توجد نظم معلوماتية أخرى تتيح لنا فرصة تحديد القيم الدنيا والعليا من الأصول التي تستخدم لوصف عدد قيم الأجزاء الملحقة بالأصناف. فالحد الأدنى للأصول (N) يعني أن الجزء الملحق ينبغي أن يمتلك كحد أدنى (N) من القيم لكي نفلح في وصفه بصورة دقيقة. فعلى سبيل المثال، تمتلك الصلاة حداً أدنى للأصول هو (١): لأن كل أنواع الصلوات تتألف من مجموعة ركعات. والحد الأعلى للأصول (M) يعني أن الأجزاء الملحقة تمتلك (M) كحد أعلى. وسيكون الحد الأعلى للأجزاء الملحقة بأصول الصلاة.

نوع قيمة الجزء الملحق: إن الوجه المناظر لأنواع «قيم الجزء الملحق» (SlotValue Type) تصف نوع القيم التي يمكن إدراجها ضمن هذا الجزء. ويمكن إعداد قائمة بأكثر أنواع القيم شيوعاً في هذا المضمار، والتي تشمل:

• الوتر (String): يمثل أبسط أنواع القيم التي يمكن استخدامها للأجزاء الملحقة مثل الاسم، حيث يمكن تمثيل قيمته بوتر قيمة مبسط.

• العدد (Number): الذي يصف الأجزاء الملحقة بالأصناف بواسطة قيم عددية. فعدد ركعات الصلاة يمكن وصفه بقيمة عددية:١، ٢، ٣، ٤.

• قيمة بوليانية (Boolean): التي تدرج ضمن حقول الأجزاء الملحقة، والتي تتأرجح قيمتها الثنائية بين «نعم/ -لا». فإذا أردنا استبعاد صلوات الفضائل بوصفها صنفاً مستقلاً عن بقية أصناف الصلوات، يمكننا أن نستخدم قيمة بوليانية في الجزء الملحق، فتكون القيمة «كاذبة» (False) القيمة المناظرة لهذا الصنف من الصلوات عندما نريد استبعادها من دائرة الصلوات المفروضة.

• قيمة معدودة (Enumerated): تمثل الأجزاء الملحقة المعدودة قائمة محددة من القيم المسموح بها للجزء الملحق. فعلى سبيل المثال، يمكننا القول إن الجزء الملحق بشروط وجوب الصلاة يمكن أن يتمتع بتسع قيم: البلوغ، والعقل، والإسلام، ودخول الوقت، وكون المكلف غير ساهٍ ولا نائم، وعدم الإكراه، وارتفاع موانع الحيض، وارتفاع موانع النفاس، والقدرة على الطهارة.

• الشواهد (Instance): وتمنحنا هذه الفئة فرصة تعريف العلاقات القائمة بين أفراد الأصناف. وينبغي أن تكون قيمة الجزء الملحق من هذا النوع ضمن تعريفة تتألف من قائمة الأصناف التي يمكن للشواهد أن تناظرها.

نطاق ومدى الجزء الملحق: بصورة عامة يطلق على الأصناف المسموح بإدراجها ضمن الأجزاء الملحقة التي تتمتع بقيم على شكل شواهد اصطلاح نطاق الجزء الملحق (Range of a Slot). أما الأصناف التي يمكن للجزء الملحق أن يرتبط بها، أو خصائص الأصناف التي يمكن أن يصفها فيطلق عليها اصطلاح «مدى الجزء الملحق» (Slot Domain).

يتألف مجال «الجزء الملحق» من الأصناف المرتبطة به، وتسري القواعد ذاتها في تحديد نطاق الجزء الملحق ومجاله. ويمكن إجمال أهم هذه القواعد بما يأتي:

ـ ينبغي البحث عن الصنف أو أكثر الأصناف التي يمكن أن تشكّل على التعاقب نطاق الجزء الملحق أو مجاله عندما نريد تحديد مجال ذلك الجزء الملحق.

ـ ينبغي تجنّب عملية تحديد نطاق أو مجال لجزء ملحق يتميز بعمومية شاملة بحيث تضيع التفاصيل في جنباته.

ـ عدم اختيار صنف يتسم بشمولية كبيرة لمجال ما.

ـ إذا كانت قائمة الأصناف التي تعرّف المجال أو النطاق الخاص بالجزء الملحق تتضمن صنفاً مع أصنافه الثانوية، فمن الضروري استبعاد الصنف الثانوي. فإذا كان نطاق الجزء الملحق يحوي صنف الصلاة، وصنف الصلوات المفروضة، يمكن أن نستبعد الصلوات المفروضة من النطاق، لأن حضورها في هذه الهيكلية لن يضيف معلومات جديدة. لأن الصلوات المفروضة هي صنف ثانوي من أصناف الصلاة، وعليه فإن نطاق الجزء الملحق يغطي ضمنياً الصلوات المفروضة وغيرها من الأصناف الثانوية (الصلوات المسنونة، وصلوات الفضائل) التي تنضوي تحت مظلة صنف الصلاة.

ـ إذا احتوت قائمة الأصناف التي تعرّف «نطاق الجزء الملحق» أو مجاله جميع الأصناف الثانوية للصنف «**س**»، ولا تتضمن الصنف «س» ذاته، ينبغي أن يحتوي النطاق الصنف «**س**» دون أصنافه الثانوية. فعلى سبيل المثال: بدلاً من نعرّف نطاق الجزء الملحق الذي يتضمن الصلوات المفروضة، والصلوات المسنونة، وصلوات النوافل، يمكننا قصر النطاق على صنف الصلاة ذاته.

ـ إذا احتوت قائمة الأصناف التي تعرّف نطاق الجزء الملحق أو مجاله بعض الأصناف الثانوية للصنف «**س**»، ينبغي أن نأخذ بعين الاعتبار في ما إذا كان الصنف «**س**» سيوفر تعريفاً أفضل للنطاق.

ويمكن أن تضاف قواعد أخرى أشد تخصيصاً كي نمنح أنفسنا فرصة أفضل في وصف تفاصيل الأنطولوجيا التي نعكف على إنشائها.

ز ـ إنشاء الشواهد

تشمل الخطوة الأخيرة في رحلتنا على طريق إنشاء هيكلة متماسكة للأنطولوجيا التوجه نحو إنشاء «شواهد» فردية (Instances) للأصناف المستقرة في تراتبيتها. ويتطلب تعريفنا لشاهد فردي الأمور التالية:

- اختيار الصنف الذي نريد إنشاء شواهده الفردية.
- البدء بإنشاء الشواهد الفردية لذلك الصنف.

- تهيئة القيم المناظرة في الأجزاء الملحقة.

فعلى سبيل المثال يمكن أن ننشئ شاهداً فردياً لصلاة الضحى لتمثيل نوع من أنواع صلوات الفضيلة. ويمكننا أن نعدّ صلاة الضحى شاهداً فردياً للصنف الذي يضم جميع صلوات الفضائل. وسيحتوي هذا الشاهد على القيم التالية للجزء الملحق:

- الفئة: صلاة فضيلة.
- الحكم: يثاب فاعلها ولا يأثم تاركها.
- بداية الوقت: يبدأ وقتها بارتفاع الشمس قدر رمح.
- انتهاء الوقت: حين الزوال.
- وقت الفضيلة: عندما ترمض الفصال.
- عدد الركعات: ٢، ٤، ٦، ٨، ١٢ ركعة.

خامساً: الويب الدلالية

الويب الدلالية (Semantic Web) عبارة عن نسيج من المعلومات الذي تترابط عناصره وفق نسق محكم يذلل الصعاب أمام معالجته في البيئة المحوسبة، وعلى نطاق عولمي مفتوح. وتستخدم الويب الدلالية بوصفها قاعدة بيانات عولمية منفتحة على أنشطة البحث التي يمارسها مستخدمو شبكة الإنترنت.

وتسهم الويب الدلالية في توسيع نطاق الويب الحالية، عبر توسيع معايير التعددية اللغوية، وإضافة عناصر جديدة إلى بيئتها البرمجية لمنح المستخدمين، وأدوات الحوسبة، فرصة الوصول السريع إلى مستودعات البيانات وسبر محتوى بياناتها.

١ ـ معمارية الويب الدلالية

مرّت الشبكة العنكبوتية العالمية (Worldwide Web) بسلسلة من عمليات التوسّع الهيكلي بحيث أضحت أكبر بيئة افتراضية في تاريخ الجنس البشري. وقد أسهمت المرونة الكبيرة التي اتسمت به هذه البيئة في توسيع رقعتها، وتكثير مستخدميها، والقاطنين في المواقع المستوطنة في بيئتها الرقمية. ولعل أهم أسباب هذه النجاحات في اجتذاب المستخدمين، وتوسيع المساحة التي امتدت عليها هي التالية:

ـ سهولة إنشاء خدمة الويب بواسطة أي مستخدم، أو مجموعة مستخدمين، وبصورة مستقلة عن الغير.

ـ يتمتع المستخدمون بالحرية التامة في إنشاء الوثائق، ومختلف أنواع الملفات الصورية، أو الرقمية، وزجهم إلى البيئة الرقمية لمواقع الويب، أو ربطهم بملفات أخرى.

ـ انفتاح بيئة المستعرضات لترويج طلبات عدد غير محدود من المستخدمين، وتوجيه مساراتهم باتجاه المستودعات الرقمية، أو مواقع الويب، أو الوثائق المنتشرة على الويب، دون حصول أي تعارض، أو تأخير في بلوغ الغايات.

ونجم عن ذلك حصول نموّ مطّرد في محتوى الشبكة العنكبوتية العالمية، بينما تراجعت قدرة النظم البرمجية المستخدمة، على استيعاب هذا النمو غير المسبوق، فبدأ أداء الشبكة بالتراجع، وبدأت الكثير من المواضيع تتسلل بعيداً من هيمنة المستعرضات، ومحركات البحث في التنقير عمّا تحويه من مفردات، ومادة معرفية.

وقد هرع العاملون في بيئة الإنترنت إلى اقتراح أنماط متعددة من المعماريات القائمة على المعرفة، لتجاوز هذه العقبات، ومنح البيئة البرمجية قدرات معرفية توفر للمستخدم فرصة الوصول إلى المادة المعرفية المطروحة في وثائق الويب، واستخلاص عصارتها المعرفية.

تعدّ الويب الدلالية أحد الحلول المطروحة لإعادة هيكلة المحتوى الرقمي المطروح على الإنترنت، وتجاوز عقبة النمو غير المتزن في هذا المحتوى، والذي بات يشكّل عائقاً أمام محاولة الوصول إلى موارد الشبكة الماموثية، وتشعباتها اللامتناهية.

ولكي تضمن «الويب الدلالية» حضورها الفاعل كبديل للويب «التقليدي»، فينبغي أن تتمتع بالخصائص التالية:

ـ القدرة على تمثيل المعرفة، وإنشاء الهيكلة المعرفية، بنهج صريح ومبسط.

ـ أن تمتلك نظاماً توزيعياً مرناً، يتميز ببيئة مفتوحة تخلو من الهيمنة المركزية التي تعرقل توسع الويب وانفتاحها على المستخدمين، مع كف التحكم في مادة المحتوى المطروح.

ـ توافر وسط يدعم الترابط الدلالي لمحتويات الويب، لإتاحة فرصة إعادة إنتاج المحتوى المعرفي من طريق معالجات جديدة للنصوص والوثائق المطروحة على الويب.

ـ حضور موسع لشبكة من الاقترانات الفضفاضة في الطبقات اللغوية الشائعة على الويب، وذلك من طريق توظيف لغات موحّدة، تتسم بميزات تخصيص مرنة، ووفق الحاجات المتباينة لفئات المستخدمين المختلفة.

ـ أن تتميز بتوافر تقنيات مبسطة لنشر المحتوى الرقمي، وإعادة معالجة البيانات المعقّدة لإنتاج محتوى أكثر سهولة بالتداول في حدود مواقع الويب.

وفق ما تقدم فإن المراجعة المتأنية لما ذكر عن متطلبات الويب البديل، تفرض علينا التفكير من جديد بالعناصر المعمارية للويب الدلالية، وعلى صعيد كل من اللغويات المستخدمة في الويب الدلالية، وطبيعة المهام التي ستنهض بها مختلف عناصر الويب الدلالية أثناء عمليات إدارة المحتوى المعرفي المطروح على مواقعها.

بداية ينبغي أن تتمتع لغة الويب الدلالية بأنموذج لمعمارية على مستوى عالٍ من التجريد، ووفق الخصائص الآتية:

ـ أن تمتلك أنموذجاً لمعالجة البيانات يتسم بالقدرة على تمثيل الكيانات المعلوماتية بنسق معرفي متماسك.

ـ أن تنتظم بنظام موحد بحيث يمكن تبادل المحتوى بين مختلف عقد المعالجات البرمجية، ودمج عناصرها بآليات مبسطة عند بروز الحاجة إلى إنتاج محتوى جديد.

ـ أن توفر مرجعية متينة لربط الكيانات الفردية المطروحة على الويب، مع البيئات الرقمية المجاورة، وإحكام الترابطات الدلالية في ما بينها.

ـ أن تمتلك لغة وصفية قادرة على التوصيف بلغة يمكن للبيئة المحوسبة أن تتعامل معها، ولآلاتها أن تعالجها وفق خوارزمياتها المختلفة ولنطاق واسع من التطبيقات.

ـ أن تتمتع اللغة بقدرات مميزة على صعيد المعالجة المحوسبة وإنشاء الاستعلامات بحيث تسمح بانتخاب البيانات، وتجميعها من مواردها بنسق محكم.

ـ أن تمتلك قدرات استدلالية وأخرى للمقايسة المنطقية تستطيع مراقبة الاستعلامات التي تباشر عمليات سبر محتوى الويب، وتترجم العلاقات المعقدة التي

تربط الكيانات المعلوماتية إلى نسق رياضي/ -منطقي يمكن أن يعالج وفق الآليات المحوسبة.

ـ أن تمتلك بروتوكولات متعددة لتناقل البيانات، والاستعلامات التي ينشئها المستخدمون على عموم مواقع الويب.

٢ ـ كيفية استخلاص المادة المعرفية من نصوص الويب

أسهم الحضور المكثّف لشبكة الإنترنت في البيئة الرقمية لعالمنا المعاصر في توفير مناخ مناسب لحل إشكالية المعالجة الآنية لسيل المعلومات المطروحة مع توفير فرصة سهلة لبلوغ مستودعاتها الرقمية، وتفسير محتواها المعرفي.

أضحت عملية «مقاسمة المعلومات» (Information Sharing) واستثمار مواردها من المسائل المهمة في عصر المعرفة، وقد فرض النمو الهائل في حجم المعلومات المطروحة على شبكة الإنترنت، وحضورها في المستودعات الرقمية، الحاجة إلى «نظام ذكي» يدير عملية مقاسمة المعلومات (Intelligent Information Sharing).

بصورة عامة، تشخص أمامنا **ثلاثة** مستويات من المعالجات الذكية للمحتوى المعرفي المطروح في البيئة الرقمية:

المستوى الأول، استخلاص المعلومات من سيل البيانات الرقمية.

المستوى الثاني، المعالجات الدلالية لانتزاع البنى المعلوماتية، ولباب المعلومات الموجودة في الموارد الرقمية.

المستوى الثالث، إثراء الموارد المعلوماتية عن طريق زج المعالجات الأنطولوجية، حيث تمارس عملية إنشاء المفاهيم لنطاق معرفي محدد.

ولا يمكن أن نعثر على المادة المعرفية المنشودة في موقع واحد من المواقع المنتشرة على الإنترنت، ولكننا نجدها مبعثرة على مساحة واسعة من المواقع، فلا يستطيع المستخدم تكوين صورة واضحة عن النسق المفاهيمي الذي تستقر فيه تلك المادة ما لم يمتلك خبرة رصينة بآليات البحث ضمن محركات البحث المطروحة على مواقع الإنترنت، أو يكون قادراً على ممارسة معالجات محوسبة متقدمة.

بدأت منذ بضع سنوات حركة تغيير في هيكلة الإنترنت من وعاء معلوماتي تخلو المادة المطروحة على مواقعه من «سمة التنظيم» (Unstructured)، باتجاه وعاء معلوماتي شبه منظم (Semi-Structured)، تمهيداً لتحويله إلى وعاء معلوماتي أكثر اتساقاً وتنظيماً بعد توظيف تقنية «النسيج الدلالي» (Semantic Web).

وقد أصبح النسيج الدلالي علامة بيّنة على التحولات الجديدة القائمة في البنية التحتية لمواقع الويب، بغرض تحويل المحتوى المطروح فيها، إلى طبقة من البيانات، التي يمكن للآليات المحوسبة الذكية (مثل: «العميل الذكي» (Intelligent Agent)، و«محركات البحث المعقدة» (Sophisticated Search Engines)) أن تمارس مهامها على عناصرها لاستكشاف موارد المعرفة الموجودة في مواقع الويب، وأن تؤسس مستويات المعاني المودعة في مفرداتها، دون وجود تدخل مباشر، من مستخدم، ربما لا يمتلك حصيلة معرفية كافية، تدعمه للوصول إلى ما يريد.

وتتوافر أمامنا أكثر من طريقة لتوظيف نهج الأنطولوجيا المحوسبة في سبر المفاهيم المستوطنة في النصوص واستنباط المعرفة في هذا المورد. وتتباين الفرص المتاحة لاستثمار هذا الأمر بين الاستخدام المباشر للغة الطبيعية في وضع الاصطلاحات المناظرة للمسرد اللغوي/ -المفاهيمي، إلى اعتماد النهج الصوري الصارم للمنطق أو تقنيات معلوماتية أشد تعقيداً.

ويمكن أن نتتبع مسارات المعالجات المتاحة لاستخلاص المعرفة من الموارد النصية من خلال مناقشة الآليات التي تتوافر بين أيدينا هذه الأيام، وبصورة عامة، نلجأ إلى إنشاء الأنطولوجيا المحوسبة لتوفير بيئة معرفية قادرة على دعم عمليات استرداد البيانات أو اقتناصها من المستودعات الرقمية العملاقة، ومن المواقع المنتشرة على الإنترنت، ولتوفير مناخ مناسب لممارسة سلسلة من عمليات الاستدلال المعرفي.

٣ ـ التمثيل المعرفي في بيئة الويب الدلالي

تتألف بيئة الشبكة العنكبوتية العالمية من ثلاثة عناصر أساسية: بروتوكول تناقل النص التشعبي (HTTP)، والمحدد العالمي لعنونة مواقع الويب (URL)، وأخيراً لغة ترميز النص التشعبي (HTML).

ولتوسيع الخدمات التي تقدمها مواقع الويب المقيمة على هذه الشبكة، اقترح تيم بيرنرز لي، مبتكر الشبكة العنكبوتية العالمية ومنذ عام ١٩٩٤، الويب الدلالي لتحويل الوعاء المعلوماتي الذي يقيم في الشبكة العنكبوتية إلى ساحة مفتوحة لتداول نمط جديد من الوثائق التي تتيح للمستخدم فرصة سبر محتواها المعرفي، مع ممارسة سلسلة من عمليات الاستدلال والمقايسات المعرفية.

وتعمل الويب الدلالية جنباً إلى جنب مع أنطولوجيا الويب، لأن الأنطولوجيا تعد مصدراً خصباً للمفردات البنيوية التي تستعمل لإنشاء المفاهيم في بيئة البيانات الواصفة للبيانات. وتستخدم هذه البيانات المجردة في عملية التمثيل المعرفي لمحتوى الوثائق بالطريقة نفسها التي تستخدم فيها المعاجم والقواميس حيث نلاحظ حضور الاصطلاحات والمفاهيم بدلاً من الكلمات. وبذلك تغيب اللغة قبالة حضور جديد لعدة طبقات من نسيج البيانات والمفاهيم المترابطة وفق منطق محكم.

لقد أحدث الويب الدلالي نقلة نوعية واضحة على صعيد النسق المفاهيمي لعملية التمثيل المعرفي، وأسهمت في توطينها ببيئة جديدة، وفي ظل قواعد منطقية حاكمة من نمط جديد.

بصورة عامة، تستند آلة التمثيل المعرفي في الويب الدلالي إلى ثلاثة مبادئ تجمعها مع المدرسة المعرفية الأرثوذكسية.

المبدأ الأول، المعرفة تمثيل للعالم الواقعي.

المبدأ الثاني، المعرفة مستقلة عن مرتكزاتها السيمائية (Semiotic Substrate)، لذا فإن ممارسة عملية تمثيل أو استخلاص مادتها المعرفية لن يؤثر في المحتوى بأي حال من الأحوال.

المبدأ الثالث، المعرفة حقيقة قائمة بذاتها، ويمكن تمثيلها بواسطة عبارات المنطق الصوري.

من أجل هذا، نرى من الضروري اعتماد نهج «التفاضل الدلالي» لتجنب المسلّمات الميتافيزيقية عند ممارسة عملية التمثيل المعرفي في هذا المضمار.

المراجع

١ ـ العربية

كتب

ابن جزي، أبو القاسم محمد بن أحمد الكلبي الغرناطي. **القوانين الفقهية في تلخيص مذهب المالكية والتنبيه على مذهب الشافعية والحنفية والحنبلية**. تحقيق محمد بن سيدي محمد مولاي. الكويت: وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، ٢٠١٠.

ابن حجر العسقلاني، محمد بن علي. **تقريب التهذيب**. قدّم له دراسة وافية وقابله بأصل مؤلفه مقابلة دقيقة محمد عوامة. حلب: دار الرشيد، ١٩٨٦.

ــــــــ. **التلخيص الحبير**. تحقيق محمد الثاني بن عمر بن موسى. الرياض: مطبعة أضواء السلف، ١٩٩٥.

ــــــــ. **تهذيب التهذيب**. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٣٢٥هـ/ [١٩٠٧م].

ــــــــ. ــــــــ. باعتناء إبراهيم الزيبق وعادل مرشد. بيروت: مؤسسة الرسالة، ١٩٩٥.

ــــــــ. **فتح الباري**. تحقيق عبد القادر شيبة الحمد. الرياض: [د. ن.]، ٢٠٠١.

ــــــــ. **لسان الميزان**. تحقيق عبد الفتاح أبو غدة. بيروت: مكتبة المطبوعات الإسلامية، ٢٠٠٢.

ــــــــ. **هدي الساري مقدمة فتح الباري**. القاهرة: المطبعة المنيرية، ١٣٤٧هـ/ [١٩٢٨م].

ابن الصلاح، أبو عمرو عثمان بن عبد الرحمن. **مقدمة في علوم الحديث**. تحقيق نور الدين عتر. بيروت: دار الفكر المعاصر، ١٩٨٦.

ابن العربي، أبو بكر محمد بن عبد الله. **أحكام القرآن**. راجع أصوله وخرّج أحاديثه وعلّق عليه محمد عبد القادر عطا. بيروت: دار الكتب العلمية، ٢٠٠٨. ٤ ج.

ابن عياض اليحصبي السبتي، أبي الفضل عياض بن موسى. **الإعلام بحدود قواعد الإسلام**. تحقيق محمد صديق المنشاوي. القاهرة: دار الفضيلة، ٢٠٠١.

ابن قدامة المقدسي، عبد الله بن أحمد بن محمد. **المغني ويليه الشرح الكبير**.

ابن محمد النملة، عبد الكريم بن علي. **الجامع لمسائل أصول الفقه وتطبيقها على المذهب الراجح**. الرياض: مكتبة الرشد، ١٤٢٣هـ/ ٢٠٠٢م.

ـــــــــــ. **المهذب في علم أصول الفقه المقارن: تحرير لمسائله ودراستها دراسةً نظريّة تطبيقيّة**. الرياض: مكتبة الرشد، ١٤٢٠هـ/ ١٩٩٩م. ٥ ج.

ابن منظور، أبو الفضل محمد بن مكرم بن علي. **لسان العرب**. ط ٣. بيروت: دار صادر، ١٤١٤هـ/ [١٩٩٣م].

إمام الحرمين الجويني، أبو المعالي عبد الملك بن عبد الله. **البرهان في أصول الفقه**. حقّقه وقدّمه ووضع فهارسه عبد العظيم الديب. القاهرة: دار الأنصار، ١٤٠٠هـ/ ١٩٨٠م. ٢ ج.

البورنو، محمد صدقي بن أحمد. **موسوعة القواعد الفقهية**. بيروت: مؤسسة الرسالة، ١٩٩٣.

الحفناوي، محمد إبراهيم محمد، **التعارض والترجيح عند الأصوليين وأثرهما في الفقه الإسلامي**. ط ٢. القاهرة: دار الوفاء للطباعة والنشر والتوزيع، ١٩٨٧.

الخطيب البغدادي، أبو بكر أحمد بن علي. **الكفاية في علم الرواية**. حيدر آباد الدكن: مطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، ١٩٧٠.

دولوز، جيل وفليكس غتّاري. **ما هي الفلسفة**. ترجمة مطاع الصفدي. بيروت: مركز الإنماء القومي، ١٩٩٧.

الذهبي، أبو عبد الله محمد بن أحمد. **ميزان الاعتدال في نقد الرجال**. تحقيق علي محمد البجاوي. القاهرة: مطبعة عيسى البابي الحلبي، ١٣٨٢هـ/ [١٩٦٢م]. ٤ ج.

الزبيدي، أبو الفيض مرتضى بن محمد. **تاج العروس من جواهر القاموس**. تحقيق مجموعة من اللغويين. بيروت: دار الهداية، [د. ت.]. ١٠ ج.

الزحيلي، محمد مصطفى. **القواعد الفقهية وتطبيقاتها في المذاهب الأربعة**. دمشق: دار الفكر، ٢٠٠٦.

الزركشي، بدر الدين محمد بن بهادر. **البحر المحيط في أصول الفقه**. تحرير عبد القادر عبد الله العاني. ط ٣. الكويت: وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، ٢٠١٠. ٦ ج.

السرخسي، أبي بكر محمد بن أحمد بن أبي سهل. **أصول السرخسي**. حقّق أصوله أبو الوفا الأفغاني. حيدر آباد الدكن: لجنة إحياء المعارف العثمانية، [د. ت.]. ٢ ج.

السيوطي، جلال الدين عبد الرحمن بن أبي بكر. **تدريب الراوي في شرح تقريب النواوي**. بيروت: المكتبة العلمية، ١٩٧٦.

الشربيني، محمد بن أحمد الخطيب. **مغني المحتاج**.

الشوكاني، محمد بن علي بن محمد. **إرشاد الفحول إلى تحقيق الحق من علم الأصول**. تحقيق أحمد عزو عناية. بيروت: دار الكتاب العربي، ١٩٩٩. ٢ ج.

ــــــــ. **البدر الطالع**. القاهرة: مطبعة السعادة، ١٣٤٨هـ/ [١٩٢٩م].

ــــــــ. **فتح القدير: الجامع بين فني الرواية والدراية من علم التفسير**. القاهرة: مطبعة مصطفى البابي الحلبي وأولاده، ١٣٤٩ ـ ١٣٥١هـ/ [١٩٣٠ ـ ١٩٣٢م]. ٥ ج.

الصنعاني، محمد بن إسماعيل الأمير الحسني. **توضيح الأفكار لمعاني تنقيح الأنظار**. تحقيق محمد محيي الدين عبد الحميد. المدينة المنورة: المكتبة السلفية، [د. ت.].

ــــــــ. **توضيح الأفكار لمعاني تنقيح الأنظار**. تحقيق أبو أويس الكردي. القاهرة: مكتبة ابن تيمية، ٢٠١٠.

العلواني، طه جابر. **ابن تيمية وإسلامية المعرفة**. فيرجينيا: المعهد العالمي للفكر الإسلامي، ١٩٩٤. (سلسلة إسلامية المعرفة؛ ١٣)

ــــــــ. **إصلاح الفكر الإسلامي بين القدرات والعقبات**. فيرجينيا: المعهد العالمي للفكر الإسلامي، ١٩٩٤. (سلسلة إسلامية المعرفة؛ ١٠)

الغزالي، أبو حامد محمد بن محمد. **المستصفى من علم الأصول**. القاهرة: المكتبة التجارية، ١٩٣٧. ٢ ج.

الفيروز آبادي، مجد الدين محمد بن يعقوب. **القاموس المحيط**. تحرير محمد نعيم عرقسوسي. ط ٦. بيروت: مؤسسة الرسالة، ١٩٩٩.

القرافي، أبو العباس أحمد بن إدريس. **الفروق**. القاهرة: مطبعة دار إحياء الكتب العربية، ١٣٤٤ ـ ١٣٤٦هـ/ [١٩٢٥ ـ ١٩٢٧م]. ٤ ج.

القرطبي، أبو عبد الله محمد بن أحمد. **الجامع لأحكام القرآن**. القاهرة: دار الكتب المصرية، ١٣٥١ ـ ١٣٦٩هـ/ ١٩٣٣ ـ ١٩٥٠م. ٢٠ ج.

اللكنوي، أبو الحسنات محمد عبد الحي. **الرفع والتكميل في الجرح والتعديل**. تحقيق عبد الفتاح أبو غدة. ط ٣. القاهرة: مكتب المطبوعات الإسلامية، ١٤٠٧هـ/ [١٩٨٧م].

لالاند، أندريه. **موسوعة لالاند الفلسفية**. تعريب خليل أحمد خليل. ط ٢. بيروت: منشورات عويدات، ٢٠٠١.

مراد، غسان. **الإنسانيات الرقمية: وتساؤلات في ثقافة التكنولوجيا**. بيروت: شركة المطبوعات للتوزيع والنشر، ٢٠١٣.

المقدسي، أبو الفضل محمد بن طاهر. **تذكرة الموضوعات**. تحقيق محمد بن أمين الخانجي. القاهرة: مطبعة السعادة، ١٣٢٣هـ/ [١٩٠٥م].

النقّاري، حمو. **المنهجية الأصولية والمنطق اليوناني من خلال أبي حامد الغزالي وتقي الدين بن تيمية**. بيروت: الشبكة العربية للأبحاث والنشر، ٢٠١٣.

الهيتمي، أحمد بن علي بن محمد بن حجر. **فتح الجواد بشرح الإرشاد على متن الإرشاد.**

دوريات

الرزو، حسن مظفر. «الأطر المعلوماتية لتداول المعرفة الإسلامية في زمن العولمة.» **إسلامية المعرفة**: السنة ٩، العددان ٣٣ ـ ٣٤، صيف ـ خريف ٢٠٠٣.

ــــــــ. «تحليل محوسب لمسائل فقه الصيام المستوطنة في مواقع الإنترنت.» **الفكر الحر**: العدد ٤٨، تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٩.

ــــــــ. «تحليل نصوص إسلامية بواسطة تقنية التنقيب المعلوماتي.» **مجلة بونة للبحوث والدراسات** (مؤسسة بونة للبحوث والدراسات): العدد ٦، كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٦.

ــــــــ. «تقييم مجموعة منتخبة من مواقع التجارة الإلكترونية باستخدام تقنية التنقير المعرفي لمحتويات مواقع الويب.» **علوم إنسانية**: السنة ٣، العدد ٢٦، كانون الثاني/ يناير ٢٠٠٦.

ــــــــ. «التنقيب المعلوماتي على موارد الشريعة الإسلامية.» **أحوال المعرفة**: السنة ١٣، العدد ٥١، نيسان/ أبريل ٢٠٠٨.

ــــــــ. «جغرافية الفضاء المعلوماتي.» **المجلة العربية للعلوم والمعلومات**: السنة ١٨، العدد ٢، كانون الأول/ ديسمبر ٢٠٠٣.

ــــــــ. «دعوة لإعادة تشكيل نهج قراءتنا لخطاب الآخر.» **التجديد**، السنة ١٢، العدد ٢٣، ١٤٢٩هـ/ ٢٠٠٨م.

ـــــــــــ. «مقارنة محوسبة بين نهج برنارد لويس ودانيال بايبس في معالجة مسائل استشراقية معاصرة.» **إسلامية المعرفة**: السنة ١١، العدد ٤٤، ربيع ٢٠٠٦.

ـــــــــــ. «منهج الإمامين يحيى بن القطان وعبد الرحمن بن مهدي في الرواية عن المحدثين الضعفاء.» **الأحمدية**: العدد ١١، تموز/ يوليو ٢٠٠٢.

ـــــــــــ. «هندسة المعرفة: ماهيتها وتطبيقاتها.» **المجلة العربية للعلوم**: السنة ١٦، العدد ٣٢، ١٩٩٨.

الميمان، ناصر بن عبد الله. «الكليات الفقهية: دراسة نظرية تأصيلية.» **العدل**، العدد ٣٠، ربيع الآخر ١٤٢٧هـ/ ٢٠٠٥م.

أطروحات ورسائل جامعية

عاشوري، محمد. «الترجيح بالمقاصد: ضوابطه وأثره الفقهي.» (رسالة ماجستير في العلوم الإسلامية، تخصص فقه وأصول، قسم الشريعة، كلية العلوم الاجتماعية والعلوم الإسلامية، جامعة الحاج لخضر باتنة، الجزائر، ٢٠٠٨).

ندوات ومؤتمرات

الرزو، حسن مظفر. «الأنموذج المحوسب للسنة النبوية.» ورقة قُدِّمت إلى: المؤتمر الوطني السابع عشر للحاسب الآلي (المعلوماتية في خدمة ضيوف الرحمن)، جامعة الملك عبد العزيز، المدينة المنورة، صفر ١٤٢٥هـ/ ٢٠٠٤م.

ـــــــــــ. «تحليل محوسب لكتاب تاريخ المدينة المنورة لابن شبة النميري.» ورقة قُدِّمت إلى: الدورة السابعة من المؤتمر الدولي لعلوم وهندسة الحاسوب باللغة العربية، كلية علوم الحاسب والمعلومات، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية بالرياض، بين ٣١ آذار/ مارس و٢ حزيران/ يونيو ٢٠١١.

الملتقى العربي الثالث لتكنولوجيا المكتبات والمعلومات (تقنيات الجيل الثالث ومدخلاته في مجتمع المكتبات والمعلومات)، شبكة أخصائيي المكتبات والمعلومات، القاهرة، ٢٢ ـ ٢٤ آذار/ مارس ٢٠٠٩.

المؤتمر الدولي للتطبيقات الإسلامية في علوم الحاسوب وتقنياته، EMAN ٢٠١٣، كوالالمبور، ماليزيا، ٢٠١٣.

المؤتمر العلمي الثاني للحاسبات وتكنولوجيا المعلومات، CCIT2012، كلية الحاسوب بجامعة الأنبار بالتنسيق مع منظمة IEEE فرع العراق، الرمادي، محافظة الأنبار، ٤ ـ ٥/ ٤/ ٢٠١٢.

٢ ـ الأجنبية

Books

Aggarwal, C. and C. Zhai. *Mining Text Data*. New York: Springer, 2012.

Alesso, H. Peter and Craig F. Smith. *Thinking on the Web Berners-Lee, Gödel, and Turing*. New Jersey: John Wiley and Sons, 2006.

Alice, S. and J. Stuart (eds.). *Computation, Information, Cognition the Nexus and the Liminal*, London: Cambridge Scholars Publishing, 2007.

Antoniou, Grigoris, Enrico Franconi and Franc Van Harmelen. *Introduction to Semantic Web Ontology Languages*. Netherland: Amsterdam University, 2005.

Azvine, Behnam, Nader Azarmi and Detlef Nauck (eds.). *Intelligent Systems and Soft Computing: Prospects, Tools and Applications*. Berlin: Springer, 2000.

Baldi, Pierre, Paolo Frasconi and Padhraic Smyth. *Modeling the Internet and the Web: Probabilistic Methods and Algorithms*. London: John Wiley and Sons, 2003.

Banerji, R. B. *Artificial Intelligence: A Theoretical Approach*. New York: North Holland Publications, 1980.

Bender, Edward A. *Mathematical Methods in Artificial Intelligence*. Los Alamos, CA: Wiley-IEEE Computer Society Press, 1996.

Berkan, Riza C. and Sheldon L. Trubatch. *Fuzzy Systems Design Principles: Building Fuzzy If-Then Rule Bases*. New York: IEEE Press, 1997.

Boisot, Max, Ian MacMillan and Kyeong Seok Han. *Explorations in Information Space: Knowledge, Agents and Organizations*. New York: Oxford University Press, 2007.

Bramer, Max. *Principles of Data Mining*. London: Springer-Verlag, 2007.

Brown, C. E. *Accounting Expert Systems Applications*. New York: Electronic Edition, 1991.

________ and D. E. O'Leary. *Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems*. New York: Electronic Edition, 1995.

Casti, John L. *Searching for Certainty: What Scientists Can Know about the Future*. New York: William Morrow and Co., 1991.

Chakrabarti, Soumen. *Data Mining: Know it All*. New York: Morgan Kaufmann Publishing, 2009.

Chatterjee, Sangit and Matthew Laudato. *Statistical Applications of Neural Networks*. Boston, MA: Northeastern University, 1995.

Cios, K. [et al.]. *Data Mining: A Knowledge Discovery Approach*. New York: Springer, Science and Business Media, LLC, 2007.

Davies, John, Dieter Fensel and Frank Van Harmelen. *Towards the Semantic Web, Ontology-Driven Knowledge Management*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 2003.

Dedre Gentner, D., K. Holyoak and B. K. Kokinov. *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*. London: Bradford Books, 2001.

Ding, L. *A New Paradigm of Knowledge Engineering by Soft Computing*. New York: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2001. (FLSI Soft Computing Series; volume 5)

Engelmore, R. S. and E. Feigenbaum. *Expert Systems and Artificial Intelligence*. New York: Electronic Edition, 2002.

Feldman, J. *From Molecule to Metaphor: A Neural Theory of Language*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2006.

Feldman, Ronen and James Sanger. *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. New York: Cambridge University Press, 2007.

Floridi, Luciano. *Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information*. Oxford: Blackwell, 2003.

________. *The Ethics of Information*. London: Oxford University Press, 2013.

________. *Information: A Very Short Introductions*. London: Oxford University Press, 1995.

________. *Philosophy and Computing: An Introduction*. London: Routledge, 1999.

________. *Philosophy of Information: An Introduction*. New York: Routledge, Taylor and Francis Group, 1999.

Fu, Li-Ming. *Neural Networks in Computer Intelligence*. New York: McGraw Hill, 1994.

Fuller, R. *Neural Fuzzy Systems*. New York: Abo Akademi University, 1995.

Gabbay, Dov, Paul Thagard and John Woods. *Handbook of the Philosophy of Science*. Amsterdam: Elsevier, 2008.

Gaber, Mohamed (ed.). *Scientific Data Mining and Knowledge Discovery: Principles and Foundations*. Berlin: Springer-Verlag, 2010.

Gallant, S. *Neural Network Learning and Expert Systems*, 2nd ed. London: MIT Press, 1994.

Gleitman, Henry. *Psychology*. New York: W.W. Norton and Company, 1991.

Gómez-Pérez, Asunción, Mariano Fernández-López and Oscar Corcho. *Ontological Engineering*. London: Springer-Verlag, 2004.

Green, P. and M. Rosemann. *Business Systems Analysis with Ontologies*. London: Idea Group Publishing, 2005.

Ham, Fredric M. and Ivica Kostanic. *Principles of Neurocomputing for Science and Engineering*. New York: McGraw-Hill, 2001.

Han, Jiawei and Micheline Kamber. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 2nd ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publisher, 2006.

Handbook of Knowledge Representation. Edited by F. Van Harmelen, V. Lifschitz and B. Porter. New York: Elsevier B. V., 2008.

Harel, D. and Y. Feldman. *Algorithmics: The Spirit of Computing*. 3rd ed. London: Addison Wisely, 2004.

Hosmer, David W. and Stanley Lemeshow. *Applied Logistic Regression*: New York: John Wiley and Sons, 1989.

Howlett, J. *Problem Solving and Artificial Intelligence*. New York: Prentice Hall, 1990.

Igor, A. *Designing Intelligent Systems: An Introduction*. London: Kogan Page, 1984.

Jain, L. [et al.]. *Computational Intelligence Paradigms: Innovative Applications*. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

Johnson, D. *Managing Knowledge Networks*. London: Cambridge University Press, 2009.

Jurisica, Igor, John Mylopoulos and Eric Yu. *Using Ontologies for Knowledge Management: An Information Systems Perspective*. Toronto: University of Toronto, 2001.

Karen, L. M and K. H. Brigg. *Knowledge Acquisition: Principles and Guidelines*. London: Pergamon Press, 1989.

Kartalopoolos, Stamatios V. *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications*. New York: IEEE Press, 1996.

Kasabov, Nikola K. *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*. 2nd ed. London: The MIT Press, 1996. (Computational Intelligence)

Kecman, V. *Learning and Soft Computing: Support Vector Machines, Neural Networks and Fuzzy Logic Models*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2001.

Kendal, Simon and Malcolm Creen. *An Introduction to Knowledge Engineering*. London: Springer-Verlag , 2007.

Klix, F. *Human and Artificial Intelligence*. Amsterdam: North Holland Publications, 1979.

Konar, Amit. *Artificial Intelligence and Soft Computing: Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain, Volume 1*. Washington, DC: CRC Press, 1999.

Kruse, Rudolf, Jorg Gebhardt and Rainer Palm (eds.). *Fuzzy Systems in Computer Science*. Wiesbaden: Vieweg, Teubner Verlag, 1994.

Larose, Daniel T. *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. New York: Wiley and Sons, 2005.

Liao, Warren and Evangelos Triantaphyllou. *Recent Advances in Data Mining of Enterprise Data*. New Jersey: World Scientific, 2007.

Liebowitz, Jay. *The Handbook of Applied Expert Systems*. London: CRC Press LLC, 1999.

Luger, George F. and William A. Stubblefield. *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*. 3rd ed. New York: Addison Wisely Longman Inc., 1999.

McCullagh, P. and John A. Nelder. *Generalized Linear Models*. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1989.

McLeod, Raymond (Jr.) and George Schell, *Management Information Systems*. Chicago, IL: Science Research Associates, 1979.

Mumford, C. L. and L. Jain (eds.). *Computational Intelligence: Collaboration, Fusion and Emergence*. Berlin: Springer-Verlag, 2009.

Mustapha, N., M. Aufaure and H. Baazhaoui-Zghal. *Towards an Architecture of Ontological Components for the Semantic Web*. Tunis: University of Manoub, 2010.

Myatt, G. *Making Sense of Data: A Practical Guide to Exploratory Data Analysis and Data Mining*. New Jersey: Wiley-Inter-Science, John Wiley and Sons, 2007.

Oldroyd, David. *The Arch of Knowledge*. New York: Methuen, 1986.

Perlovsky, Leonid. *Neural Networks and Intellect Using Model-Based Concepts*. Oxford: Oxford University Press, 2001.

Poole, D., A. Mackworth and R. Goebel. *Computational Intelligence A Logical Approach*. Oxford: Oxford University Press, 1998.

Principie, J. C., N. R. Euliano and W. C. Lefebvre. *Neural and Adaptive Systems: Fundamentals Through Simulations*. New York: John Wiley and Sons Inc., 2000.

Pyle, Dorian. *Business Modeling and Data Mining*. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers An Imprint of Elsevier Science, 2003.

Rao, V. B. *C++ Neural Networks and Fuzzy Logic*. New York: MTBooks, IDG Books Worldwide, Inc., 1995.

Reichgelt, Han. *Knowledge Representation: An Ai Perspective*. New York: Albex Publication, 1991. (Tutorial Monographs in Cognitive Science)

Rouvary, Dennis H. (ed.). *Fuzzy Logic in Chemistry*. San Diego: Academic Press, 1997.

Rud, O. *Data Mining Cookbook: Modeling Data for Marketing, Risk, and Customer Relationship Management*. New York: John Wiley and Sons, 2001.

Russel, Bertrand. *Our Knowledge of the External World*. London: Allen and Unwin, 1914.

Russell, Stuart and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2nd ed. New York: Prentice Hall, 2003.

Sharman, Raj and Ram Ramesh. *Ontologies: A Handbook of Principles, Concepts and Applications in Information Systems*. New York: Springer, 2007.

Schneider, Moti [et al.]. *Fuzzy Expert System Tools*. New York: John Wiley, 1996.

Schreiber, Guus. [et al.]. *Knowledge Engineering and Management: The Common KADS Methodology*. New York: The MIT Press, 2000.

Shalkoff, Robert J. *Artificial Neural Networks*. New York: McGraw-Hill, 1997.

Shepard, R. N., A. K. Romney, and S. B. Nerlove. *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioural Sciences: Volume 1*. New York: Seminar Press, 1972.

Stefik, Mark. *Introduction to Knowledge Systems*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1995.

Stuckenschmidt, Heiner and Frank Van Harmelen. *Information Sharing on the Semantic Web*. Berlin: Springer, 2005.

Symeonidis, Andreas L. and Pericles A. Mitkas. *Agent Intelligence through Data Mining*. New York: Springer, 2005.

Taniar Monash, David and J. Wenny Rahayu. *Web Semantics and Ontology*. New York: Idea Group Publishing, 2006.

Taylor, W. A. *What Every Engineer Should Knows About Artificial Intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press, 1988.

Velasquez, Juan and Vasile Palade. *Adaptive Web Sites: A Knowledge Extraction from Web Data Approach*. Amsterdam: IOS Press, 2008.

Waldrop, M. Mitchell. *Man-Made Minds: The Promise of Artificial Intelligenc*. New York: Walker and Co., 1987.

Waterman, Donald A. *A Guide to Expert Systems*. Reading, MA: Addison-Wisely, 1986. (Teknowledge Series in Knowledge Engineering)

Weisberg, Sanford. *Applied Linear Regression*. New York: John Wiley and Sons, 1985.

White, Halbert [et al.]. *Artificial Neural Networks: Approximation and Learning Theory*. Oxford: Blackwell Publication, 1992.

Wu, Xindong and Vipin Kumar (eds.). *The Top Ten Algorithms in Data Mining*. Boca Raton, Fl: Taylor and Francis, 2009.

Yen, John and Reza Langari. *Fuzzy Logic: Intellect, Control and Information*. New York: Prentice Hall, 1999.

Zadeh, L. A. *Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers*. New York: Wiley, 1987.

Zimmermann, Hans-Jürgen. *Fuzzy Sets Theory and its Application*. 2nd ed. Boston, MA: Kluwer, 1993.

Periodicals

Albus, James. «Toward a Computational Theory of Mind.» *Journal of Mind Theory*: vol. 0, no. 1, 2010.

Azvine, Behnam and Wayne Wobcke. «Human-Centred Intelligent Systems and Soft Computing.» *BT Technology Journal*: vol. 16, no. 3, 1998.

Bezdek, James C. «Fuzzy Models: What are They, and Why?.» *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*: vol. 1, no. 1, February 1993.

Boose, J. H. «A Knowledge Acquisition Program for Expert Systems Based on Personal Construct Psychology.» *International Journal Man-Machine Studies*, 1985.

Callaos, Nagib and Belkis Callaos. «Toward a Systemic Notion of Information: Practical Consequences.» *Informing Science*: vol. 5, no. 1, 2002.

Chai, J. [et al.]. «*Natural Language Assistant: A Dialog System for Online Product Recommendation.*» *AI Magazine*: Summer 2002.

Dasgupta, Chanda Ghose, Gary Sanjoy Dispensa and S. Ghose. «Comparing the Predictive Performance of a Neural Network Model with Some Traditional Market Response Models.» *International Journal of Forecasting*: vol. 10, no. 2, September 1994.

Davis, Randall, Howard Shrobe and Peter Szolovits. «What it is a Knowledge Representation?.» *Journal of American Association of Artificial Intelligence*: Spring 1993.

Dunis, Christian L. and Jamshidbek Jalilov. «Neural Network Regression and Alternative Forecasting Techniques for Predicting Financial Variables.» *Liverpool Business School*: April 2001.

Eisenhardt, K. M. and D. N. Sull. «Strategy as Simple Rules.» *Harvard Business Review*: January – February 2001.

Floridi, Luciano. «Is Semantic Information Meaningful Data?.» *Philosophy and Phenomenological Research*: vol. 70, no. 2, March 2005.

________. «The Information Society and its Philosophy: Introduction to the Special Issue on the Philosophy of Information, is Nature, and Future Developments.» *The Information Society*: vol. 25, 2009.

________. «Two Approaches to the Philosophy of Information.» *Minds and Machines*: vol. 13, 2003.

________. «What is the Philosophy of Information?.» *Meta-Philosophy Journal*: vol. 33, nos. 1-2, January 2002.

Graham, L. E., J. Damens and G. Van Ness. «Developing Risk Advisor: An Expert System for Risk Identification.» *Auditing*: vol. 10, no. 1, 1991.

Grimmer, Justin and Brandon M. Stewart. «Text as Data: The Promise and Pitfalls of Automatic Content Analysis Methods for Political Texts.» *Political Analysis*: 2013.

Gorr, Wilpen L., Daniel Nagin and Janusz Szczypula. «Comparative Study of Artificial Neural Network and Statistical Models for Predicting Student Grade Point Averages.» *International Journal of Forecasting*: vol. 10, no. 1, June 1994.

Hornik, Kurt. «Some New Results On Neural Network Approximation.» *Neural Networks*: vol. 6, 1992.

Jain, R. and G. Purohit. «Page Ranking Algorithms for Web Mining.» *International Journal of Computer Applications*: vol. 13, no. 5, January 2011.

Joerding, Wayne H., Ying Li and Douglas L. Young. «Feed-forward Neural Network Estimation of a Crop Yield Response Function.» *Journal of Agricultural and Applied Economics*: vol. 26, no. 1, July 1994.

Johnson, S. C. «Hierarchical Clustering Schemesm.» *Psychometrika*, 1972.

Kavdir, U. and D. E. Guyer. «Apple Grading Using Fuzzy Logic.» *Turk J Agric For*: no. 27, 2003.

Kazeem, F. and O. Sharon. «The Epistemological Implications of the Nexus between Data and Information.» *LASU Journal of Humanities*: vol. 6, 2009.

Kevin, J. and C. Chang. «Data Mining for Web Intelligence.» *IEEE Journal*: November 2002.

Kirkpatrik, S., C. D. Gelatt and M. P. Vecchi. «Optimization by Simulated Annealing.» *Science*: vol. 220, no. 4598, May 1983.

Lakhmi, C. [et al.] (eds.). «Computational Intelligence Paradigms.» *Studies in Computational Intelligence*: vol. 137, 2008.

Lawry, J. «A Methodology for Computing with Words.» *International Journal of Approximate Reasoning*: no. 28, 2001.

Manjua, M. and D. Garg. «Semantic Web Mining of Un-Structured Data: Challenges and Opportunities.» *International Journal of Engineering*: vol. 5, no. 3, 2011.

Murphy, S. L. «Accounting Expert Systems.» *The CPA Journal*: November 1994.

Nakamori, Y. «Systems Methodology and Mathematical Models for Knowledge Management.» *Journal of Systems Science and Systems Engineering*: vol. 12, no. 1, March 2003.

Nikravesh, M., V. Loia and B. Azvine. «Fuzzy Logic and the Internet (FLINT): Internet, World Wide Web, and Search Engines.» *Soft Computing*: no. 6, 2002.

Perlovsky, L. «Toward Physics of the Mind: Concepts, Emotions, Consciousness and Symbols.» *Physics of Life Reviews*: no. 3, 2006.

Piccinini, Gualtiero and Andrea Scarantino. «Computation Vs. Information Processing: Why their Difference Matters To Cognitive Science.» *Journal of Studies in History and Philosophy of Science*: vol. 41, 2010.

Rajpal, Smita. «Generalization of Computing with Words and Vague Logic.» *International Magazine on Advances in Computer Science and Telecommunications*: vol. 2, no. 1, May 2011.

Reimer, U., A. Margelisch and M. Staudt. «EULE: A Knowledge-Based System to Support Business Processes.» *Knowledge-Based Systems*: vol. 13, 2000.

Rubin, Stuart. «Computing with Words: IEEE Transactions On Systems, Man, and Cybernetics - Part B.» *Cybernetics*: vol. 29, no. 4, August 1999.

Rudas, I. and J. Fodor. «Intelligent Systems.» *International Journal of Computers, Communications and Control*: vol. 3, Supplement Issue: Proceedings of ICCCC, 2008.

Schweizer, Paul. «Physical Instantiation and the Propositional Attitudes.» *Cognitive Computation*: vol. 4, no. 3, 2012.

Shazmeen, S. and E. Ramyasree. «Semantic Web Mining: Benefits, Challenges and Opportunities.» *International Journal of Advanced Computer Research*: vol. 2, no. 4, December 2012.

Smith, Barry and Werner Ceusters. «Ontological Realism: A Methodology for Coordinated Evolution of Scientific Ontologies.» *Applied Ontology*: no. 5, 2010.

Smith, B. [et al.]. «Towards a Reference Terminology for Ontology Research and Development in the Biomedical Domain.» *Biomedical Ontology in Action*: vol. 222, 8 November 2006.

Sontag, Eduardo D. «Feedback Stabilization Using Two-Hidden-Layer Nets.» *IEEE Transactions on Neural Networks*: no. 3, 1992.

Studer, Rudi, V. Richard Benjamins and Dieter Fensel. «Knowledge Engineering: Principles and Methods.» *Data and Knowledge Engineering*: no. 25, 1998.

Swaminathan, Jayashankar M., Stephen F. Smith and Norman M. Sadeh. «Modeling the Dynamics of Supply Chain: A Multi Agent Approach.» *Decision Sciences Journal*: vol. 29, no. 3, 1997.

Talebzadeh, T., S. Mandutianu and C. F. Winner. «Countrywide Loan-Underwriting Expert System.» *AI Magazine*: vol. 16, no. 1, 1995.

Zadeh, Lotfi A. «Fuzzy Sets.» *Information and Control*: vol. 8, 1965.

________. «Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing.» *Communication of the ACM*: vol. 37, no. 3, 1994.

________. «From Computing with Numbers to Computing with Words: From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions.» *IEEE Transactions On Circuits And Systems - I: Fundamental Theory and Applications*: Vol. 45, no. 1, January 1999.

Zhang, L. and J. Li. «Automatic Generation of Ontology Based on Database.» *Journal of Computational Information Systems*: vol. 7, no. 4, 2011.

Theses

Giacomini , E. «Neural Networks in Quantitative Finance.» (Master Thesis Submitted to Institute for Statistics and Econometrics CASE - Center for Applied Statistics and Economics Humboldt-Universit¨at zu Berlin, Berlin, 2003).

Al-Halimi, Reem. «Mining Topic Signals from Text.» (Thesis Presented to the University of Waterloo in Fulfilment of the Thesis Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy in Computer Science, Waterloo, Ontario, Canada, 2003).

Hangos, K. «Knowledge Representation Rules.» (Engineering Application of AI, PHD Course, Department of Computer Science, University of Veszprem, 2001).

Lassila, O. «Programming Semantic Web Applications: A Synthesis of Knowledge Representation and Semi-Structured Data.» (Doctoral Dissertation, Nokia Research Center, Cambridge, MA, 2007).

Moussa, A. S. «The Implementation of Intelligent Qos Networking by the Development and Utilization of Novel Cross-Disciplinary Soft Computing Theories and Techniques.» (A Dissertation Submitted to the Department of Computer Science in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Degree Awarded, Fall Semester, 2003).

Nordlander, T. E. «AI Surveying: Artificial Intelligence in Business.» (PhD Thesis, Submitted in Partial Fulfillment of Requirements of the Full-Time MSc. in Management Science, Department of Management Science and Statistics de Montfort University, 2001).

Viezzer, M., «Hypothesis, Problems and Solutions of Artificial Intelligence: A Phenomenological Perspective.» (PhD Thesis, Submitted in Partial Fulfillment of Requirements of the Full-Time MSc. in Philosophy, 1996).

Zupan, Jure. «Introduction to Artificial Neural Network (ANN) Methods: What They Are and How to Use Them.» *Acta Chimica Slovenica*: vol. 41, no. 3, 1994.

Conferences

The 11th National Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence, AAAI, 1999.

The 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, 1999.

Proceedings of the 24th VLDB Conference, New York, 1998.

SPECOM, 9th Conference: Speech and Computer, Saint Petersburg, Russia, 20-22 September 2004.

Reports and Websites

Abonyi, J. and F. Szeifert. «Computational Intelligence in Data Mining.» University of Veszprem, Department of Process Engineering, <http://www.fmt.vein.hu/softcomp>.

Astanin, S. V. and T. G. Kalashnikova, «Decision Making under Fuzzy Exceptional Conditions.» ESIT (Aachen, Germany): 14-15 September 2000.

Babuska, Robert. «Data-Driven Fuzzy Modeling: Transparency and Complexity Issues.» Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and Systems Control Engineering Laboratory, Mekelweg ,GA Delft, The Netherlands, 2001.

———. «Fuzzy Systems, Modeling and Identification.» Delft University of Technology, Department of Electrical Engineering Control Laboratory, Mekelweg, GA Delft, The Netherlands, 2000.

Babuskay, R., H. B. Verbruggeny and H. Hellendoornzy. «Promising Fuzzy Modeling and Control Methodologies for Industrial Applications.» Delft University of Technology, Faculty of Information Technology and Systems, Control Engineering Laboratory, Mekelweg ,GA Delft, The Netherlands, 2001.

Baron, A., P. Rayson and D. Archer. «Word Frequency And Key Word Statistics in Historical Corpus Linguistics.» Lancaster University, 2010.

El-Baroudy, I. «New Fuzzy Performance Indices For Reliability Analysis of Water Supply Systems.» Department of Civil and Environmental Engineering, University of Western Ontario, London, Ontario, August 2003.

Beckert, B. «Introduction to Artificial Intelligence.» University Koblenz-Landau, Summer Term, 2003.

Berendt, B., Hotho, A. and G. Stumme. «Semantic Web Mining and the Representation, Analysis, and Evolution of Web Space.» Institute of Information Systems, Humboldt University Berlin, 2005, <http://www.wiwi.hu-berlin.de/~berendt>.

Berg, J. V. [et al.]. «Financial Markets Analysis by Probabilistic Fuzzy Modeling.» Faculty of Economics, Erasmus University Rotterdam, 2003.

Bonissone, p. «Fuzzy Logic and Soft Computing: Technology Development and Applications.» General Electric CRD Schenectady NY 12309, USA, 1997.

Brier, S. «Cyber Semiotics and the Question of Knowledge.» Brier: 2007, <http://www.brier.dk/SoerenBrier/index.htm>.

Brooks, C. H. and E. H. Durfee. «Toward Automated Pricing and Bundling of Information Goods.» Proceedings of the AAAI-00 Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets, USA, 1999.

Brule, James F. «Fuzzy Systems: A Tutorial.» Ortech Engineering: 1985, <http://www.ortech-engr.com/fuzzy/tutor.txt>.

Carlsson, C. «Soft Computing: Modeling Technologies and Intelligent Systems Minitrack.» Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, 1999.

Cerny, P. A. «Data Mining and Neural Networks from a Commercial Perspective.» Aim Proximity, Auckland, New Zealand, Student of the Department of Mathematical Sciences, University of Technology Sydney, Australia, 2001.

Cornelis, G. and E. Kramar. «Fuzzy Logic and Non-market Valuation: A Comparison of Methods.» FEPA Research Unit, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2002.

Dahn, B. I. [et al.]. «Artificial Intelligence and Information Systems.» Seminar, Summer Semester, Research Group, 2002.

Daniel E. O'Leary. «Artificial Intelligence in Business, II: Development, Integration and Organizational Issues.» John Kingston School of Business AIAI University of Southern California University of Edinburgh, 1994, <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/ftp/documents/1994/94-ker-ai-in-business.ps>.

The DAML Ontology Library, <http://www.daml.org/ontologies/>.

Demuth, Howard and Mark Hudson Beale. «Neural Network Toolbox for Use with MATLAB.» The Math Works: 1998.

Ding, Liya. «The New Paradigm of Knowledge Engineering by Soft Computing.» World Scientific (Singapore): 2001.

Dodge, M. «Mapping the World-Wide Web.» Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), University College London (London), 1999.

Dorffner, G. «Neural Networks for Time Series Processing.» Department of Medical Cybernetics and Artificial Intelligence, University of Vienna, 1996.

Draeseke, B. and David E. A. Giles. «A Fuzzy Logic Approach to Modelling the Underground Economy.» Department of Economics, University of Victoria, Canada, 2002.

Driskill, R. and J. Riedl. «Recommender Systems for E-Commerce: Challenges and Opportunities.» Proceedings of the AAAI-99 Workshop on AI for Electronic Commerce, USA, 1998.

Duch, Włodzisław. «Computational Physics of the Mind.» European Summer School On Computing Techniques in Physics, Skalsky Dvur, 5-14 September 1995, <http://cogprints.org/914/1/96compmind.pdf>.

________ and Y. Hayashi. «Computational Intelligence Methods And Data».

Fenstermacher, K. D. and D. Zeng. «Know Your Supply Chain.» Proceedings of the AAAI-00 Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets, USA, 1999.

Frank, R. J. and S. p. Hunt. «Time Series Prediction and Neural Networks.» Department of Computer Science, University of Hertfordshire, Hatfield, UK, 1998.

Fuller, R. «Neural Fuzzy Systems.» Abo Akademi University, Abo 1995.

Gaag, L. C. and E. M. Helsper. «Introduction To Knowledge-Based Systems.» Institute of Information and Computing Sciences, Utrecht University, April 2004.

Gan, John Q. «Problem Solving Using Neural Networks: A Tutorial.» University of Essex, 2003.

Gradojevic, N., J. Yang and T. Gravelle. «Neuro-Fuzzy Decision-Making in Foreign Exchange Trading and other Applications.» <http://economics.ca/2002/pdf/0100.pdf>.

Guarino, Nicola and Pierdaniele Giaretta. «Ontologiesand Knowledge Bases: Towardsa Terminological Clarification.» IOS Press (Amsterdam): 1995.

«Gunning Fog Index.» Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=gunning_fog_index>.

Hangos, Katalin. «Knowledge Representation Rules.» Engineering Application of AI, PHD Course, Department of Computer Science, University of Veszprem, 2001.

Harth, A., M. Janik and Steffen Staab. «Semantic Web Architecture.» University of Koblenz-Landau: 31 August 2010.

Hayes, C. [et al.]. «A Case-Based Reasoning View of Automated Collaborative Filtering.» Proceedings of the 4th International Conference on Case-Based Reasoning, Springer, New York, 2001.

Hellmann, Martin. «Fuzzy Logic Introduction.» Laboratoire Antennes Radar Telecom, F.R.E CNRS 2272, Equipe Radar Polarimetrie, Universit de Rennes 1, UFR S.P.M, France, 2001.

Hemmer, M. «Expert Systems in Chemistry Research.» CRC Press, Taylor and Francis Group (London), 2008.

Herbrich, R. [et al.]. «Neural Networks in Economics Background, Applications and New Developments.» nn98.tx, 1999.

Hill, T. «Artificial Neural Network Models for Forecasting and Decision Making.» University of Hawaii, 1993.

Holland, A. «Intelligent Systems: Ruled-based Systems.» Lecture Notes, Part II, University College Cork (Ireland): 2010.

Hu, J. [et al.]. «Agent Service for Online Auctions.» Proceedings of the AAAI-99 Workshop on AI for Electronic Commerce, USA, 1998.

Ito, T. [et al.]. «Bidding Bot: A Multiagent Support System for Cooperative Bidding in Multiple Auctions.» Proceedings of the Fourth International Conference on Multi Agent Systems, 2000.

Jang, Roger and Ned Gulley. «MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.» Version 1.0, The MATHWORKS Inc., 1997.

Jang, J. S. R, C. T. Sun and E. Mizutani. «Neuro-Fuzzy and Soft Computing.» MATLAB Curriculum Series, Prentice Hall, USA, 1997.

Jantzen, Jan. «Tutorial on Fuzzy Logic.» Technical University of Denmark, Department of Automation, Technical Report no. 98-E 868, Lyngby, Denmark, 19 August 1998.

Joshua, B. L., Eunsang Yoon and Richard E. Plank. «A Fuzzy Logic Perspective on Global Market Entry: An Application to Country Risk Assessment.» University of Massachusetts Lowell, ISBM REPORT 1-1993.

Kaehler, Steven D. «Fuzzy Logic: An Introduction.» Encoder, The News Letter of Seattle Robotics Society: 2003.

Karmacharya, Ashish, Christophe Cruz and Frank Boochs. «Spatialization of the Semantic Web.» University de Bourgogne (Paris): 2012.

Kaymak, J. and W. Bergh. «Financial Markets Analysis by Probabilistic Fuzzy Modeling, Faculty of Economics.» Erasmus University Rotterdam, ERIM Report Series Research in Management, 2001, <http://www.erim.eur.nl>.

Khajanchi, A. «Artificial Neural Networks: The Next Intelligence.» 2003, <http://www.fairisaac.com>.

Kimbrough, S. O. «Structuring and Discovery: Artificial Intelligence and Electronic Commerce.» University of Pennsylvania, April 2003, <http://www.ai.uga.edu/paiw2003.html>.

Klein, P. «Routledge Encyclopedia of Philosophy.» Online Encyclopedia: 2005, <http://www.rep.routledge.com/article/P059>.

Krantz, B. «A «Crisp» Introduction to Fuzzy Logic.» 2002.

Krichel, Thomas. «The Semantic Web and an Introduction to RDF.» Openlib: 2002, <http://openlib.org/home/krichel/papers/anhalter.letter.pdf>.

Krishnamoorthy, C. and S. Rajeev. «Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers.» CRC Press (London), 1996.

Kruse, Rudolf and Andreas Nürnberger. «Learning Methods for Fuzzy Systems.» Department of Computer Science, University of Magdeburg, Universitätsplatz, Germany, 1997.

Kutsurelis, Jason E. «Forecasting Financial Markets Using Neural Networks: An Analysis of Methods and Accuracy, United States Navy.» Naval Postgraduate School (California): 1998.

Langbein, F. C. «Artificial Intelligence: Intelligent Systems, Agents and Environments.» School of Computer Science (Cardiff University), 2000.

Lee, K. H. «Model Selection for Neural Network Classification.» Duke University, June 2000.

Levy, J. B., R. E. Plank and E.Yoon. «Fuzzy Logic Perspective on Global Market Entry: An Application to Country Risk Assessment.» University of Massachusetts Lowell, ISBM REPORT, 1-1993.

Liebowitz, Jay. «Knowledge Management: Learning from Knowledge Engineering.» CRC Press, USA: 2001.

Lin, C. and H. A. Khan. «Can The Neuro Fuzzy Model Predict Stock Indexes Better than Its Rivals.» Providence University, White Paper, CIRJE-165, August 2002.

Lobunets, O. «Introduction to Neural Networks Theory and Applications.» Lecture Notes: 2004.

Lowe, W. «The Statistics of Text: New Methods for Content Analysis.» Center for Basic Research in the Social Sciences, Harvard University, 2005.

«Ludwig Wittgenstein.» Wikipedia (The Free Encyclopedia), <http://en.wikipedia.org/wiki/Ludwig_Wittgenstein>.

Machta, J. «Entropy, Information, and Computation.» Department of Physics and Astronomy, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts: 1999, <http://tnt.phys.uniroma1.it/twiki/pub/TNTgroup/AngeloVulpiani/machta.pdf>.

Markov, Zdravko and Daniel T. Larose. «Data Mining the Web: Uncovering Patterns in Web Content, Structure, and Usage.» Wiley-Inter- Science, A John Wiley and Sons, Inc., Publication (Canada): 2007.

Matteucci, Matteo. «Soft Computing: Applications Technique.» Department of Electronics and Information (Milano): 2002.

McGuinness, D. L. «Ontologies for Electronic Commerce.» Proceedings of the AAAI-99 Workshop on AI for Electronic Commerce, USA, 1998.

Merson, Paulo. «Data Model as an Architectural View.» Technical Note: CMU/SEI2009TN024, Software Engineering Institute, MA, USA, 2009.

Monostori, L. [et al.]. «Soft Computing And Hybrid Ai Approaches To Intelligent Manufacturing.» Lecture Notes on Artificial intelligence, Computer and Automation Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, 2002.

Motta, E., T. Rajan and M. Eisenstadt. «Knowledge Acquisition as a Process of Model Refinement.» Human Cognition Research Laboratory, The Open University, 1990.

Noy, Nataly F. and Deborah L. McGuinness. «Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology.» Centro de Informática UFPE, <http://www.cin.ufpe.br/~in1116/aulas/ontology101.pdf>.

O'Hagan, M. «A Fuzzy Decision Maker.» Fuzzy Logic, Inc., 1160 Via España, La Jolla, CA 93037, USA, 1991.

«Ontology.» Merriam-Webster, <http://www.merriam-webster.com/dictionary/ontology>.

Ontolingua Ontology Library, <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>.

Passin, T. «Explorer's Guide to the Semantic Web.» Manning, Greenwich, CT, 2004.

Pederson, p. E. «Validating A Neural Network Application: The Case of Financial Diagnosis.» Department of Economics and Business Administration (Norway), 1996.

«Phenomenon.» Wikipedia (The Free Encyclopedia), <http://en.wikipedia.org/wiki/Phenomenon>.

Piccinini, G. «Computation vs. Information Processing: Why Their Difference Matters to Cognitive Science.» Department of Philosophy, University of Missouri, New York, 2003.

Pierson, D. «An Introduction to the Semantic Web: Concepts, Platforms and Tools.» MPHESIS (New York): White Paper, 2012.

Prasad, B., «Planning With Case-Based Structures,» Proceedings of the American Association for Artificial Intelligence (AAAI) Fall Symposium on Adaptation of Knowledge for Reuse. Edited by D. Aha and A. Ram. Cambridge, MIT Press, 1995.

Pylyshyn, Z. W. «Artificial Intelligence.» The Canadian Encyclopedia Plus, McClelland and Stewart Inc., 1995.

Raman, K. «Application of Fuzzy Logic and Control in Customer Relationship.» Presented at Johannes-Kepller University, Linz, Austria, 2001.

Rao, Ramana. «From Unstructured Data to Actionable Intelligence.» IT Pro, IEEE Society: November-December 2003.

Rech, G. «Forecasting With Artificial Neural Network Models.» Department of Economic Statistics, Stockholm School Of Economics (Sweden), 2002.

Rhem, A. «A Framework for Knowledge Acquisition.» White Paper, A. J. Rhem and Associates Inc., May 2001.

Ripley, B. D. «Can Statistical Theory Help us Use Neural Networks Better?.» Department of Statistics, University of Oxford, Interface 97-29th Symposium on the Interface: Computing Science and Statistics, 1997.

Roussey, Catherine. «Guidelines to Build Ontologies: A Bibliographic Study.» LIRIS, INSA De Lyon: Technical Report no. 1, Version; 1, November 2005.

Sandhu, N. and R. Finch. «Artificial Neural Networks and Their Applications.» 16th Annual Progress Report, June 1995.

Sarle, S. W. «Neural Networks and Statistical Models.» Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference, April 1994.

Schuurmans, D. «Introduction to Artificial Intelligence.» CMPUT 366, Intelligent Systems, Lecture Notes, 2003.

Sen, M. «Lecture Notes on Intelligent Systems.» Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame, IN 46556, 20 January 2004.

Shachmurove, Yochanan. «Applying Artificial Neural Networks to Business, Economics and Finance.» Department of Economics, The City College of the City University of New York and, The University of Pennsylvania, 2003.

Shapiro, A. F. «Capital Market Applications of Neural Networks, Fuzzy Logic and Genetic Algorithm.» Penn State University, AFIR, 2003.

Sheth, Amit, Budak Arpina and Vipul Kashyap, «Relationshipsat the Heart of Semantic Web: Modeling, Discovering, and Exploiting Complex Semantic Relationships.» Technical Report: LSDIS Lab, Computer Science, University of Georgia, Athens GA 30622, 2002.

Silvert, W. «Fuzzy Aspects of Systems Science.» Proceedings of the Conference, Integrative Systems Approaches in Natural and Social Sciences, ed.ited by H. Malchow, Springer-Verlag, Berlin, 2000.

Smith, Barry. «Ontology and Information Systems.» National Science Foundation under Grant: 2004.

Spagnolo, F. «Fuzzy Logic, Fuzzy Thinking and the Teaching/Learning of Mathematics in Multicultural Situations.» The Mathematics Education into the 21st Century Project Proceedings of the International Conference the Decidable and the Undecidable in Mathematics Education, Brno, Czech Republic, September 2003.

Spear, A. «Ontology for the Twenty First Century: An Introduction with Recommendations.» Institute for Formal Ontology and Medical Information Science (IFOMIS), Saarbrücken, Germany, 2006.

Srivastava, Jaideep, Prasanna Desikan and Vipin Kumar. «Web Mining: Concepts, Applications and Research Directions.» Department of Computer Science, University of Minnesota, Minneapolis, USA: 2003.

Tan, C. «An Artificial Neural Networks Primer with Financial Applications Examples in Financial Distress Predictions and Foreign Exchange Hybrid Trading System.» Bond University (1997).

Taylor, J. «Bringing AI and Soft Computing Together: A Neurobiological Perspective.» in: Azvine, Behnam, Nader Azarmi and Detlef Nauck (eds.). *Intelligent Systems and Soft Computing: Prospects, Tools and Applications*. Berlin: Springer, 2000.

Tepper, Allegra. «How Much Data is Created Every Minute?.» Mashable: 22 June 2012, <http://mashable.com/2012/06/22/data-created-every-minute/>.

Tessaris, S. «Introduction to Artificial Intelligence.» Researcher, Faculty of Computer Science, 2003-2004, <http://www.tina.inf.unibz.it/~tessaris>.

Thirumuruganathan, Saravanan. «A Detailed Introduction to K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm.» Bi-Weekly End: 2010, <http://saravananthirumuruganathan.

wordpress.com/2010/05/17/a-detailed-introduction-to-k-nearest-neighbor-knn-algorithm/>.

Tomsovic, K. «Tutorial on Fuzzy Logic Applications in Power Systems.» Prepared for the IEEE-PES Winter Meeting in Singapore, January 2000.

________ and M.Y. Chow. «Tutorial on Fuzzy Logic Applications in Power Systems.» Prepared for the IEEE-PES Winter Meeting in Singapore, January 2000.

Tran, T. and R. Cohen. «Hybrid Recommender Systems for Electronic Commerce.» Proceedings of the AAAI-00 Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets, USA, 1999.

Tucker, Patrick. «Anonymity Impossible?: As the Amount of Data Expands Exponentially, Nearly All of it Carries Someone's Digital Fingerprints.» MIT Technologie Review: 7 May 2013, <http://www.technologyreview.com/news/514351/has-big-data-made-anonymity-impossible>.

Vernon, James. «Fuzzy Logic Systems.» Fuzzy Systems White Paper: 1999, <http://www.control-systems-principles.co.uk>.

Warren, J., G. Beliakov and B. Zwaag. «Fuzzy Logic in Clinical Practice Decision Support Systems.» Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000.

Warren, Sarle S. «Neural Networks and Statistical Models.» Proceedings of The Nineteenth Annual SAS User's Group International Conference: 1994.

Waterbury, B. «Artificial Intelligence Expands Frontiers in Asset Management Condition Monitoring and Predictive Maintenance Systems Make AI Pay Off with Lower Maintenance Costs, Improved Forecasting, and Fewer Unplanned Shutdowns.» Artificial Intelligence: 16 November 2000, <http://www.manutenzione-online.com/articles/october/art3.pdf>.

«What is Knowledge Engineer.» Techopedia, <http://www.techopedia.com/definition/7966/knowledge-engineer>.

Wilke, W. [et al.]. «Negotiation During Intelligent Sales Support With Case-Based Reasoning.» Proceedings of the 6th German Workshop on Case-Based Reasoning, 1998.

Yao, J. T. «Knowledge Based Descriptive Neural Networks.» Department of Computer Science, University or Regina (Canada), 2003.

Zhao, L., F. Collopy and M. Kennedy. «The Problem of Neural Networks in Business Forecasting: An Attempt to Reproduce the Hill, O'Connor and Remus Study.» Working Papers on Information Environments: Systems and Organizations, vol. 3, Fall 2003.

فهرس

ـ ب ـ

ـ ت ـ

- ث -

- ح -

- خ -

- د -

- ذ -

- ر -

- ز -

- س -

- ش -

- ص -

- ض -

- ط -

- ع -

- غ -

- م -

- ن -

- هـ -

- و -